



**UNICEUB – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA**

**FATECS - FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**

**CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

Leonardo Reis Laterza

**CONTROLE DIGITAL PARA ACIONAMENTO DE ENERGIA AUXILIAR  
EM CHUVEIRO ELÉTRICO LIGADO A UM SISTEMA DE  
AQUECIMENTO SOLAR.**

BRASÍLIA/DF  
2º SEMESTRE 2008

Leonardo Reis Laterza

**CONTROLE DIGITAL PARA ACIONAMENTO DE ENERGIA AUXILIAR  
EM CHUVEIRO ELÉTRICO LIGADO A UM SISTEMA DE  
AQUECIMENTO SOLAR.**

Monografia apresentada ao Curso de  
Engenharia da Computação, como requisito  
parcial para obtenção do grau de Engenheiro  
de Computação.

Orientador: Prof. José Julimá Bezerra Junior

BRASÍLIA/DF  
2º SEMESTRE 2008



**UNICEUB – CENTRO UNIVERSITÁRIO DE BRASÍLIA**

**FATECS - FACULDADE DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS SOCIAIS APLICADAS**

**CURSO DE ENGENHARIA DA COMPUTAÇÃO**

**MEMBROS DA BANCA EXAMINADORA**

<b>Membros da banca</b>	<b>Assinatura</b>
1. PROFESSOR ORIENTADOR:  Prof. Me.: <i>José Julimá Bezerra Junior</i>	
2. PROFESSOR CONVIDADO:  Prof.Me.: <i>Thiago de Miranda Leão Toribio</i>	
3. PROFESSOR CONVIDADO:  Prof. Me.: <i>Luis Claudio Lopes de Araujo</i>	
4. PROFESSOR CONVIDADO:  Prof.: <i>Joao Marcos Souza Costa</i>	
<b>Menção Final</b>	

Brasília/DF, Dezembro de 2008.

## Resumo

Este projeto se trata de um controle digital para o acionamento e a interrupção da energia que alimenta o chuveiro elétrico. O projeto permite que a energia elétrica seja desligada automaticamente no momento em que a temperatura da água, a qual passa pelo sensor, localizado na tubulação próxima ao chuveiro, for igual ou maior que a temperatura de 38°C, temperatura esta, considerada ideal para um banho confortável. Quando a temperatura da água durante a utilização diminuir por algum motivo, o sistema elétrico será acionado novamente somente quando atingir 36°C devido à histerese de 2°C definida para este projeto. O sistema é composto de um controlador digital de temperatura, o qual define os parâmetros de funcionamento do projeto, dois sensores de temperatura: um localizado próximo ao chuveiro e o outro localizado no interior do reservatório.

**Palavras chave:** Sensor, acionamento e controlador digital.

## **Abstract**

This project is about a digital control device that turns on and off the energy that feeds the electric shower. The project allows the electric current to shut down automatically whenever the temperature of the water that goes through the sensor reaches 38°C, which is considered ideal for a shower. When the temperature of the water goes down for any reason, the electric system will be turned on again only when it reaches 36° C due to the hysteresis of 2° C defined by this project. The system comprises a digital temperature control device, which is the scope of this project, and two sensors of temperature, one placed near the shower and the other inside the tank.

**Key words: sensor, turn on/off and digital control device**

Laterza, Leonardo Reis.

Controle Digital para Acionamento de Energia Auxiliar em  
Chuveiro Elétrico Ligado a um Sistema de Aquecimento.  
Brasília, 2008. 69 f.

Monografia apresentada para obtenção do título de  
Engenheiro de Computação pelo Centro Universitário de Brasília –  
UniCEUB.

Orientador: Professor José Julimá Bezerra Junior.

1. Sistema de Aquecimento 2. Controle Digital.

*À minha mãe, por não me deixar desistir  
nunca, por maiores que sejam as  
dificuldades. E por acreditar sempre que  
iria vencer! E chegar hoje, até aqui.*

## **Agradecimentos**

Primeiramente a Deus, por iluminar meu caminho durante essa jornada.

Ao meu pai, que sempre acreditou em mim, não permitindo que eu desistisse nos momentos mais difíceis. Elogiou-me quando tinha que elogiar e me corrigia quando cometia algum erro. Agradeço-lhe por todo apoio técnico durante esse projeto.

As minhas irmãs Bianca e Vanessa, por toda paciência comigo e por sempre estarem ao meu lado.

A meu avô Miguel, que mesmo longe, me deu um grande incentivo para chegar até aqui.

A meus tios, que sempre torceram por mim estando perto ou longe.

Aos amigos, que sempre torceram por mim e me ajudaram durante esse tempo, em especial ao amigo Malheiros, que foi muito importante na realização deste projeto.

Ao Professor orientador José Julimá, pelo incentivo, orientação e conhecimentos transmitidos.

Aos Professores Javier e Carmo, por todo conhecimento transmitido e pelo apoio técnico a este projeto.

Ao Alan, da empresa Heliossol, pelo apoio técnico na realização deste projeto.

Aos colegas do MRE (Ministério das Relações Exteriores), que foram muito importantes em minha formação acadêmica e no meu desenvolvimento pessoal.

Aos colegas da CTIS TECNOLOGIA S/A, que mesmo me conhecendo há pouco tempo estão me dando um grande apoio e conhecimentos técnicos.



*“Imagens e palavras chegam via internet.  
Eu sou mais um viajante, um sonhador  
diante de um maravilhoso mundo novo:  
A tela de um computador”  
(Paulo Debétio e Paulinho Rezende)*

## Sumário

<b>Capítulo 1. Introdução.....</b>	<b>1</b>
1.1 Motivação.....	2
1.2 Objetivo.....	2
1.3 Visão geral do projeto.....	3
<b>Capítulo 2. Referencial Teórico.....</b>	<b>5</b>
2.1 Aquecimento solar de água.....	5
2.1.2 Radiação Solar.....	6
2.1.3 Coletores solares.....	7
2.1.4 Tanques de armazenanto.....	8
2.1.5 Sistemas Ativos.....	9
2.1.6 Sistemas passivos.....	10
2.2 Transferência de calor por convecção.....	11
2.3 Sensores de Temperatura.....	12
2.3.1 Termopares.....	14
2.3.2 Par Bimetálico.....	16
2.4 Termostato.....	17
2.4.1 Termostatos Eletrônicos.....	19
2.5 Funcionamento do chuveiro elétrico.....	19
<b>Capítulo 3. Desenvolvimento do Projeto.....</b>	<b>21</b>
3.1 Descrição geral do protótipo de simulação.....	22
3.2 Componentes do protótipo de simulação.....	22
3.2.1 Controlador diferencial de temperatura.....	23
3.2.2 Reservatório de água.....	23

3.2.3 Ducha Flex.....	24
3.2.4 Conexões hidráulicas.....	25
3.2.5 Bomba de Circulação.....	25
3.2.6 Disjuntor.....	26
3.2.7 Sensores de temperatura.....	26
3.2.8 Interface Conv32.....	28
3.3 Esquema elétrico do projeto.....	28
3.4 Esquema hidráulico do projeto.....	30
3.5 Software Sitrad.....	31
3.6 Parâmetros de funcionamento do projeto.....	32
3.6.1 Configuração dos Parâmetros através do Controlador diferencial de temperatura.....	32
3.6.2 Configuração dos parâmetros através do software Sitrad.....	37
3.7 Testes e resultados.....	39
3.8 Simulações.....	44
3.8.1 Interrupção da alimentação elétrica.....	44
3.8.2 Acionamento da alimentação elétrica devido a Histerese.....	45
<b>Capítulo 4. Conclusão.....</b>	<b>47</b>
<b>Referências Bibliográficas.....</b>	<b>49</b>
<b>Anexos.....</b>	<b>50</b>

## Índice de figuras

<i>Figura 1.1 Diagrama geral do projeto.....</i>	<i>3</i>
<i>Figura 2.1 Sistema de aquecimento solar.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 2.2 Componentes de um coletor solar.....</i>	<i>7</i>
<i>Figura 2.3 Transmitância do vidro comum em função do comprimento de onda.....</i>	<i>8</i>
<i>Figura 2.4 Exemplos de reservatórios térmicos de concepção horizontal.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2.5 Sistema de circulação forçado.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 2.6 Circulação Passiva.....</i>	<i>11</i>
<i>Figura 2.7 Desenvolvimento da camada limite de transferência de calor por convecção.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2.8 Modelos de termistores fabricados pela Elscott Manufacturing.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2.9 Curva típica de um termistor do tipo PTC.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.10 Simbologia do Termistor PTC.....</i>	<i>13</i>
<i>Figura 2.11 Curva típica de um termistor do tipo NTC.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2.12 Simbologia do Termistor NTC.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2.13 Circuito utilizado por seebeck.....</i>	<i>14</i>
<i>Figura 2.14 Seção de um Termostato com um disco de par bimetálico.....</i>	<i>16</i>
<i>Figura 2.15 Termostato.....</i>	<i>17</i>
<i>Figura 2.16 Termostato eletrônico.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 2.17 Funcionamento de um chuveiro elétrico.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 3.1 Protótipo de simulação.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 3.2 Controlador diferencial de temperatura.....</i>	<i>23</i>
<i>Figura 3.3 Reservatório.....</i>	<i>24</i>
<i>Figura 3.4 Ducha.....</i>	<i>24</i>

<i>Figura 3.5 Bomba de circulação de água.....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 3.6 Disjuntor.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 3.7 Sensor 3.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3.8 Sensor 2.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 3.9 Interface Conv32.....</i>	<i>28</i>
<i>Figura 3.10 Esquema elétrico do protótipo.....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 3.11 Esquema Hidráulico do protótipo.....</i>	<i>30</i>
<i>Figura 3.12 Tela inicial Sitrad.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 3.13 Entrada do código de acesso.....</i>	<i>32</i>
<i>Figura 3.14 Definição da temperatura apresentada no visor.....</i>	<i>33</i>
<i>Figura 3.15 Definição da função de Termostato digital no controlador.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 3.16 Definição da histerese no controlador diferencial de temperatura.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.17 Setpoint mínimo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.18 Setpoint máximo.....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 3.19 Temperatura de interrupção.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 3.20 Tela de acesso aos parâmetros de funcionamento.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 3.21 Definição dos parâmetros de funcionamento no Sitrad.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 3.22 Ambiente de testes.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3.23 Ambiente de testes.....</i>	<i>39</i>
<i>Figura 3.24 Bomba de circulação de água.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 3.25 Recirculação de água.....</i>	<i>41</i>
<i>Figura 3.26 Luz indicadora de estado de funcionamento.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 3.27 Gráfico das variações de temperatura no sensor 3.....</i>	<i>43</i>
<i>Figura 3.28 Gráfico da simulação de interrupção da corrente elétrica.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 3.29 Gráfico da simulação da histerese.....</i>	<i>46</i>

**Índice de tabelas**

<i>Tabela 1 – Parâmetros de funcionamento.....</i>	<i>38</i>
--	-----------

## Lista de símbolos e abreviaturas

Hz – Hertz, unidade de frequência

V – Volts, unidade de tensão elétrica

A – Ampère, unidade de corrente elétrica

W – Watt, unidade de potência

Cm – Centímetro, unidade de medida

Kgf – Kilo grama força, unidade de pressão

K – Kilo( $10^3$ )

*Pa – Pascal, unidade padrão de pressão*

m.c.a – Metros de coluna de água, unidade de pressão de água

FEM – Força eletromotriz

PTC – Coeficiente Positivo de temperatura

NTC - Coeficiente Negativo de temperatura

NA – Normalmente Aberto

NF – Normalmente Fechado

CPVC - Policloreto de Vinila Clorado

Gs – Constante solar

## **CAPÍTULO 1. INTRODUÇÃO**

Com o constante aumento do custo da energia elétrica e das questões ambientais na produção de energia elétrica através de fontes não renováveis no Brasil, torna-se necessária a utilização de fontes alternativas para geração de energia, em substituição a energias geradas por fontes não renováveis. A energia solar para aquecimento de água vem se mostrando, ao longo do tempo, uma forma eficiente de aproveitamento de energia renovável. Tais sistemas oferecem ao usuário água quente durante boa parte do ano, isso porque o Brasil tem uma taxa de incidência solar freqüente ao longo do ano.

Existem dias que fatores climáticos diminuem a radiação solar que chega até os coletores, necessitando de um sistema de energia auxiliar para realizar o aquecimento da água, mesmo com a boa incidência solar no Brasil. Denominado sistema de aquecimento auxiliar, sendo a energia elétrica a mais utilizada no referido sistema, este é composto de uma resistência no interior do reservatório, sendo esta acionada através de um controlador de temperatura, que é ligado através de diferencial de temperatura, e em casos de um mau dimensionamento das instalações de aquecimento solar, ocasiona o acionamento constante da energia elétrica, para complementar o sistema de aquecimento solar, gerando um alto consumo de energia elétrica.

Outro problema freqüente em sistemas de aquecimento solar, principalmente os sistemas prediais, é a ausência de recirculação da água retida na tubulação de distribuição, isso porque não ocorre um retorno para o reaquecimento desta água retida, perdendo calor devido ao baixo índice de isolamento térmico das tubulações de distribuição; este fato leva a necessidade dos usuários de tais



instalações a deixar que a água fria retida na tubulação seja completamente eliminada, para somente assim, iniciar a utilização do chuveiro quando a água quente chega até ele, o que gera um alto desperdício da mesma.

### **1.1. Motivação**

Este projeto foi motivado pela ocorrência freqüente de má recirculação de água no sistema de aquecimento solar, que é originado pelo não reaquecimento da água que fica na tubulação, provocando a necessidade de abertura do registro por um longo tempo, até que a água quente chegue ao chuveiro, gerando assim um excessivo consumo e desperdício. Em dias de baixa incidência de sol é necessário o acionamento de um sistema auxiliar de aquecimento, que em grande parte das instalações é feito através de uma resistência localizada no reservatório, sistema esse consome uma grande quantidade de energia, devido ao volume de água no reservatório e a alta potência da resistência.

### **1.2. Objetivo**

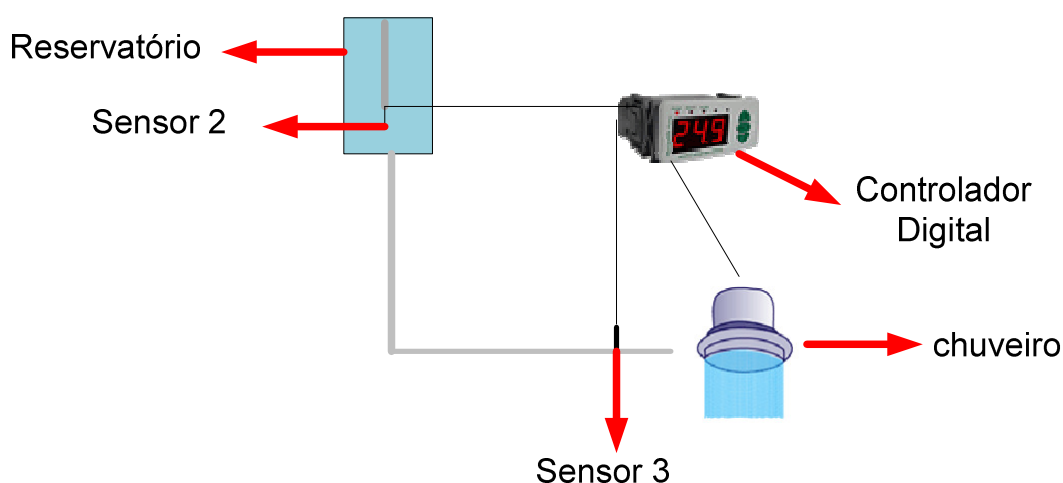
A utilização deste sistema de acionamento automático da energia auxiliar em sistemas de aquecimento solar proporcionará ao usuário economia de água e de energia elétrica, pois não será necessário deixar a água fria seja eliminada até que a quente chegue ao chuveiro.

Grande parte dos sistemas de aquecimento solar possui um dispositivo que em dias de baixa incidência de sol aciona uma resistência localizada no reservatório, para o aquecimento de toda água contida no mesmo, o que gera alto

consumo de energia elétrica, devido ao grande volume de água contido no reservatório e esse aquecimento não é imediato. Sendo assim, os principais objetivos deste projeto são: economias de água e energia elétrica.

### 1.3. Visão geral do projeto

Este projeto é composto de um controlador digital, dois sensores de temperatura, um chuveiro elétrico e um reservatório de água conforme figura 1.1.



*Figura 1.1: Diagrama geral do Projeto*

Um sensor de temperatura é responsável por enviar informação da temperatura da água vindo do reservatório para um controlador digital, o qual possui um termostato que aciona, quando preciso, a energia auxiliar de acordo com programação realizada pelo usuário. O outro sensor está colocado no reservatório para que forneça a temperatura da água.

A temperatura ideal de um banho confortável usada neste projeto, a qual é ajustada no controlador, é de 38°C. O controlador desliga o sistema elétrico

quando a temperatura da água, que passa pelo sensor localizado na tubulação próxima ao chuveiro, for maior ou igual aquela definida no controlador digital, e aciona o sistema elétrico somente quando a água que passa pelo sensor estiver 2 °C abaixo da temperatura Ideal de banho, diferença essa denominada histerese. O segundo sensor terá como função informar a temperatura da água no reservatório.

Cada etapa deste projeto é detalhada nos seguintes capítulos desta monografia:

O capítulo 2 trata do referencial teórico. Neste capítulo são comentados tópicos relacionados a sistemas de aquecimento solar, transferência de calor por convecção, sensores de temperatura, características dos termostatos, assim como funcionamento do chuveiro elétrico.

O capítulo 3 refere-se ao desenvolvimento do projeto, que são descritas a descrição geral do protótipo de simulação, componentes do protótipo de simulação, esquema elétrico e hidráulico do protótipo, software Sitrad, parâmetros de funcionamento do projeto, testes, resultados e por fim as simulações.

O capítulo 4 refere-se à conclusão e propostas de continuidade deste projeto.

## CAPÍTULO 2. REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo é feita uma descrição da teoria relacionada a este projeto, o item 2.1 refere-se ao aquecimento solar de água, o 2.2, a transferência de calor por convecção, o 2.3, a sensores de temperatura, o 2.4, a termostato e o item 2.5 refere-se ao funcionamento do chuveiro elétrico.

### 2.1. Aquecimento solar de água

Os sistemas de aquecimento solar de água são habitualmente utilizados de duas formas, com circulação passiva ou natural e com circulação ativa ou forçada. Nos sistemas de circulação ativa, a água circula pelo circuito de aquecimento forçado por uma bomba. Nos sistemas passivos ou naturais a circulação acontece por diferença de densidade entre a água aquecida no coletor solar e a água que se encontra em uma temperatura mais baixa na entrada do mesmo. Com exceção da moto-bomba e seus controles, presentes nos sistemas ativos, ambos os sistemas apresentam os mesmos componentes básicos: coletores solares, reservatório térmico e uma caixa d'água, conforme mostra figura 2.1 [1].

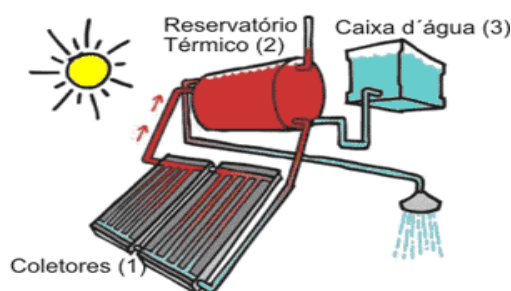


Figura 2.1: Sistema de aquecimento solar [2]

### 2.1.2. Radiação solar

A radiação solar recebida pela terra pode ser medida de duas formas, energia solar recebida fora da atmosfera, e a energia que após transpor a barreira atmosférica irradia a superfície terrestre. A energia recebida fora da atmosfera reconhecida pelo *The World Radiation Center* (Centro Mundial de Radiação) é de  $1367 \text{ W/m}^2 \pm 1\%$ . Este valor é conhecido como Constante Solar (Gs), e corresponde à potência recebida do sol por unidade de área perpendicular a direção do fluxo de radiação [1].

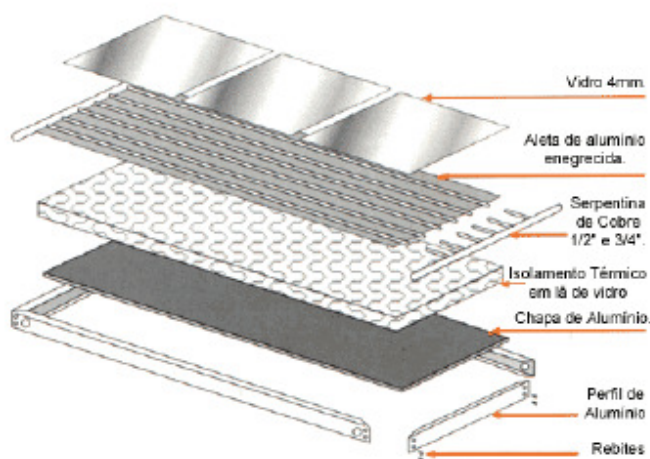
A parcela de radiação solar que passa através da atmosfera acaba sofrendo interações com as partículas à qual compõem, podendo ser definidas em duas, a radiação direta, que não sofreu desvio em sua trajetória, e a radiação difusa, que sofreu alterações de sua trajetória na atmosfera [1].

Para se realizar um bom dimensionamento dos sistemas que utilizam energia solar, é necessário calcular a energia irradiada sobre o dispositivo absorvedor. Devido às imprevisibilidades climáticas, a maneira mais utilizada para se obter dados referentes à radiação solar incidente é através do uso de equipamentos denominados pirômetros, capazes de medir a radiação solar incidente sobre uma superfície plana que os contém [1].

### 2.1.3. Coletores solares

Em sistemas de aquecimento solar de água, os dispositivos responsáveis pela conversão de energia solar em calor podem ser de dois tipos: os concentradores e os de placa plana. Por serem mais comuns neste projeto serão tratadas apenas as placas planas [1].

Os coletores solares são basicamente compostos por uma caixa com cobertura transparente à radiação solar e uma placa metálica, cuja função é absorver energia, formado de pequenos tubos soldados por onde escoar a água, isolada termicamente nas laterais e na base. A placa metálica é pintada em preto fosco. A figura 2.2 mostra um esquema de montagem de um coletor solar [1].



Figuras- 2.2 - Componentes de um coletor solar. [3]

Quando utilizados coletores de boa qualidade, estes podem aquecer água da temperatura ambiente até aproximadamente 100 °C [2].

O vidro comum tem boa adaptação nestes coletores devido às suas características seletivas de acordo com comprimento de onda eletromagnética que

incide sobre ela. A capacidade de transmitância do vidro comum de acordo com o comprimento de onda é mostrada na figura 2.3 [1].

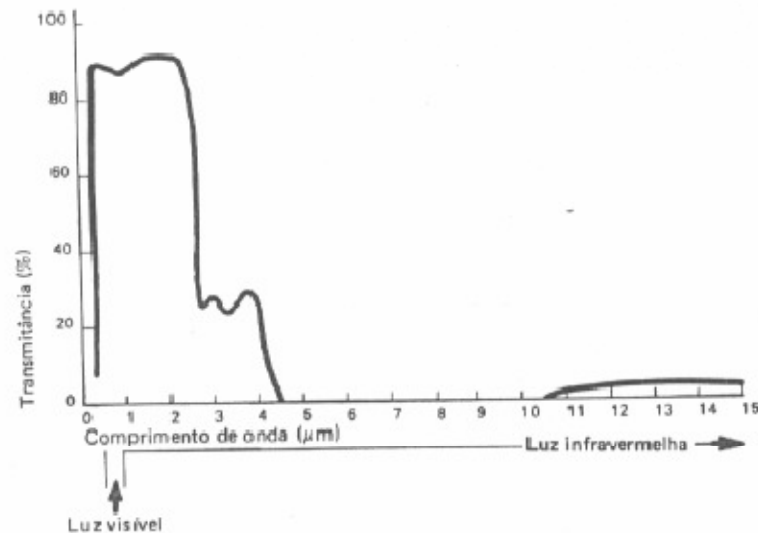


Figura 2.3: Transmitância do vidro comum em função do comprimento de onda [1].

Conforme mostra figura 2.3 o vidro é extremamente transparente a radiação do espectro solar, e extremamente absorvedor para radiações no infravermelho, fato este no qual faz com que o vidro absorva a radiação que esta sendo emitida pela placa absorvedora, estando esta aquecida. Pelo fato de o vidro ser um bom receptor e também um bom emissor, a energia absorvida aquece o vidro e uma boa parte é remetida à placa, que a absorve outra vez contribuindo para o “efeito estufa” na placa coletora [1].

#### 2.1.4. Tanques de armazenamento

Devido à inconstância da radiação solar ao longo do dia, é imprescindível o armazenamento da energia acumulada, pois possibilita o aproveitamento da água nos instantes em que não houver radiação, ou em caso de baixa incidência de

radiação. O reservatório térmico tem como função, manter a água aquecida, para isso deve impedir a transferência de calor, utilizando materiais de baixo índice de condutibilidade térmica, ser resistentes à corrosão, ter boa resistência mecânica e agüentem temperaturas na faixa de 60°C a 80°C, faixa de operação dos sistemas de aquecimento solar. O aço inoxidável é o material mais indicado por possui tais características conforme mostra figura 2.4 [1].



*Figura 2.4: Exemplos de reservatórios térmicos de concepção horizontal [3].*

Para redução da transferência de calor para o ambiente, os reservatórios são envolvidos por materiais isolantes, como lã de vidro ou poliuretano expandido.

#### **2.1.5. Sistemas ativos**

Os sistemas ativos têm como vantagem, permitir a instalação dos coletores e o reservatório térmico em qualquer posição, visto que a circulação da água através dos coletores é determinada por um fluxo constante determinado por uma bomba d'água [2].

Em geral a bomba é controlada por um instrumento que utiliza sensores de temperatura localizados na entrada e na saída dos coletores. Enquanto a



temperatura da água que deixa o coletor, permanecer maior que a temperatura da água que entra no coletor (parte de baixo do reservatório térmico) será acionada a bomba de circulação[2].

A figura 2.5 apresenta um sistema de circulação ativo de aquecimento solar, no qual a bomba de água é o equipamento responsável pela circulação de água pelos coletores solares [2].

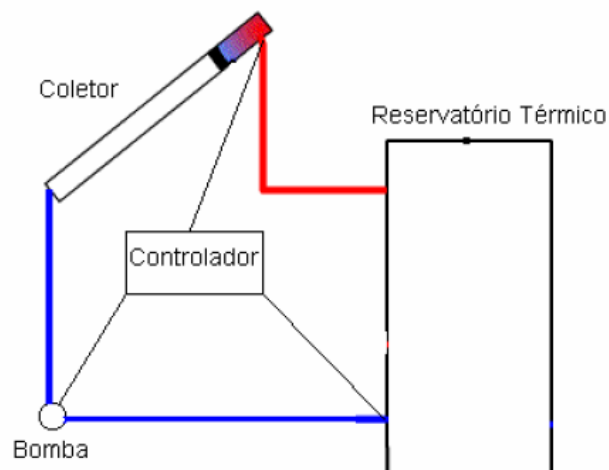


Figura 2.5 – Sistema de circulação forçado [2].

#### 2.1.5. Sistemas passivos

Em sistemas passivos a circulação da água depende da radiação solar incidente. No momento que água no coletor é aquecida, há um aumento de seu volume e conseqüentemente a redução de sua densidade, devido à diferença de densidade, toda coluna de água quente tem um peso menor que a coluna de água fria, resultando assim em uma circulação natural [2].

A figura 2.6 mostra a configuração necessária para sistema de aquecimento passivo [2].

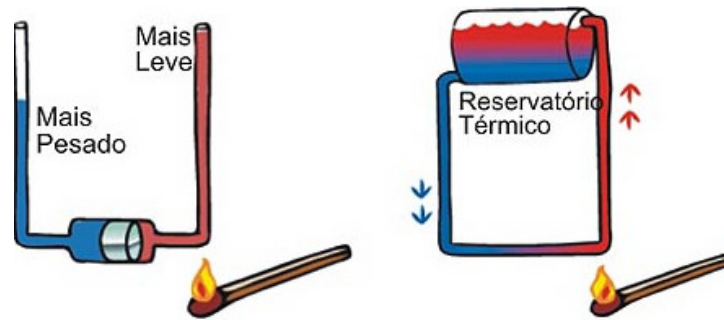


Figura 2.6 Circulação passiva [3 ].

## 2.2. Transferências de calor por Convecção

O modo de transferência de calor por convecção abrange dois mecanismos: Transferência de energia devido ao movimento molecular aleatório e a energia transferida através do movimento global do fluido. Movimento esse do fluido ocorre devido o fato que, em um instante qualquer, um grande número de moléculas está se movendo. Movimento este que na presença de um gradiente de temperatura, contribui com a transferência de calor. Uma vez que as moléculas nos agregados moleculares mantêm seus movimentos aleatórios, a transferência total de calor é composta pela superposição do transporte de energia devido ao movimento aleatório das moléculas com o transporte devido ao movimento global do fluido [4].

A transferência de calor por convecção em função do movimento molecular aleatório e também pelo movimento global do fluido no interior da camada limite é representada na figura 2.7 [4].

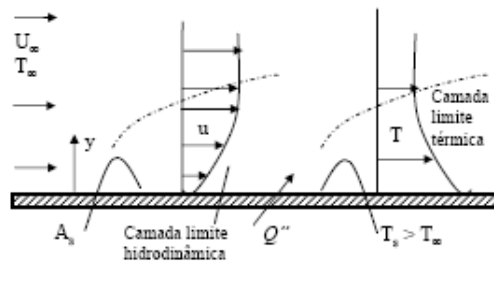


Figura 2.7 – Desenvolvimento da camada limite de transferência de calor por convecção [4].

A transferência de calor por convecção pode ser definida de acordo com a natureza do escoamento como forçada, quando o escoamento do fluido é ocasionado por meios externos como um ventilador, bomba, ou ventos atmosféricos, ou livre (natural), quando o escoamento do fluido é induzido por forças de empuxo, originada pela diferença de densidade causada pelas variações de temperatura no fluido.

### 2.3. Sensores de temperatura

Os sensores de temperatura ou termistores são resistores termicamente sensíveis. São semicondutores eletrônicos cuja resistência elétrica varia com a temperatura. Os termistores são utilizados para detecção automática, medição automática e controle de energia física. Eles são extremamente sensíveis a pequenas mudanças de temperatura. A figura 2.8 mostra alguns termistores [5].

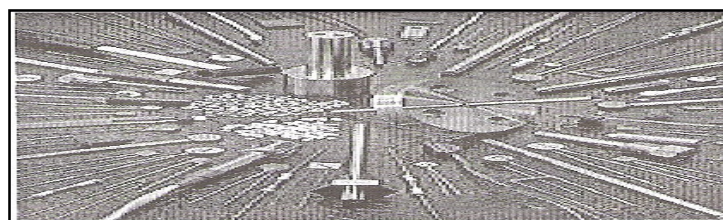


Figura 2.8 - Modelos de termistores fabricados pela Elscott Manufacturing [5].

**PTC (Positive temperature Coefficient).** PTC são resistores que apresentam coeficiente térmico positivo isto é sua resistência aumenta com a temperatura conforme figura 2.9, e diferem do NTC (*negative Temperature Coefficient*) em dois aspectos: O coeficiente de temperatura de um PTC é positivo apenas dentro de certa faixa de temperatura. Fora dessa limitação o coeficiente é nulo. O valor absoluto do coeficiente térmico dos PTC's normalmente é bem maior que o dos NTC, a figura 2.10 representa os símbolos de um termistor PTC [5].

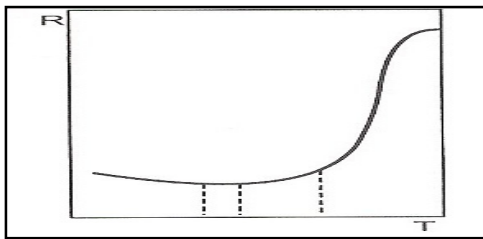


Figura 2.9 - Curva típica de um termistor do tipo PTC.[5]

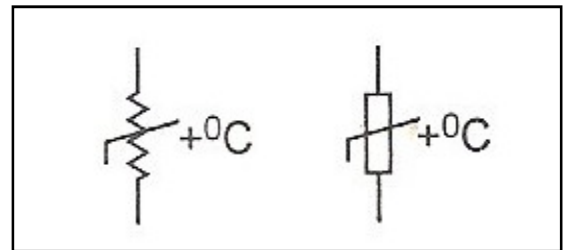


Figura 2.10 Simbologia do Termistor PTC [5].

**NTC(Negative Temperature Coefficient ).** Os NTC's são elementos no qual a resistência decresce com o aumento da temperatura conforme figura 2.11, o seu coeficiente de temperatura é negativo. Alterações de temperatura do corpúsculo poderão ser obtidas exatamente pela variação da temperatura em proximidade; internamente pela resultante da potência dissipada desenvolvida pela passagem de corrente através do corpúsculo ou por combinação dessas duas [5].

Quando um sensor de temperatura está sob temperaturas baixas, a resistência do NTC estará alta e com isso a tensão na base estará ficando muito pequena, levando o transistor para o corte [5].

Quando a temperatura começa a subir, o potencial na base sobe proporcionalmente até que o resistor sature, quando o transistor saturar, o relé é completamente energizado fechando seus contatos NA (normalmente abertos) e

abrindo os contatos NF (normalmente fechados). Este circuito poderá ser utilizado para acionar qualquer dispositivo que necessite de controle de temperatura. A figura 2.12 representa os símbolos de um termistor PTC [5].

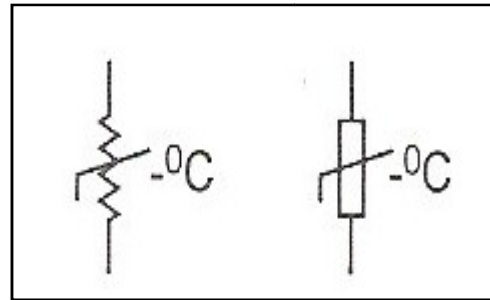
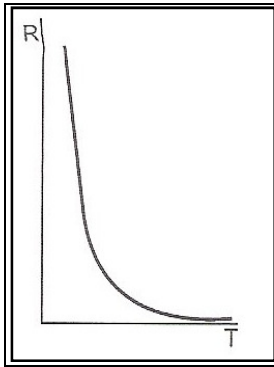


Figura 2.11 - Curva típica de um termistor do tipo NTC[5]. Figura 2.12 - Simbologia do Termistor NTC. [5]

### 2.3.1. Termopares

Os termopares se baseiam no efeito termoeletrico desenvolvido por Thomas Seebeck em 1821, que é a criação de uma diferença de potencial quando dois metais quaisquer são unidos em um ponto de contato e submetido a um gradiente de temperatura, mesmo não sendo a tensão gerada uma função linear de temperatura pode-se lineariza-la para baixas variações [9].

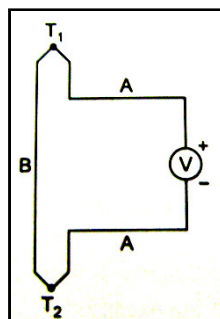


Figura 2.13. Circuito utilizado por Seebeck [5].

Na descoberta original de Seebeck usou um circuito de termopares composto de antimônio e cobre conforme figura 2.13. A FEM (Força eletromotriz) gerada está relacionada com o campo elétrico formado devido ao aquecimento que é uma função do gradiente de temperatura nesse ponto, Três efeitos explicam a FEM gerada. São eles: Thomson – o efeito em que há criação de campo elétrico formado devido ao aquecimento de uma barra condutora; Seebeck – o fenômeno que ocorre uma circulação de corrente em circuito formado por dois materiais de naturezas diferentes, quando há uma diferença de temperatura entre as duas junções; Peltier – o efeito que ocorre com a liberação ou absorção de calor em uma junção termoelétrica [5].

Considerando a teoria de Seebeck, a FEM é determinada pela equação 1:

$$\int_{T_1}^{T_2} (S_B(T) - S_A(T)) dT \quad \text{Equação 1}$$

Sendo que  $S_A$  e  $S_B$  são os coeficientes de Seebeck dos metais envolvidos na junção e  $T_2$  e  $T_1$  as temperaturas das duas junções. Os coeficientes de Seebeck, não são lineares e dependem da temperatura absoluta dos materiais e da estrutura molecular dos condutores. Se os coeficientes forem efetivamente constantes para faixa de medição de temperatura a Equação 1 pode ser escrita como a equação 2 [5].

$$V = (S_B - S_A) \times (T_2 - T_1) \quad \text{Equação 2}$$

Um termopar funciona medindo a diferença de potencial causada por fios diferentes, podendo ser usado diretamente para medir a diferença de temperatura ou para medir temperatura absoluta, colocando uma junção a temperatura conhecida.

Combinações de tungstênio, rênio e suas binárias são largamente usadas em temperaturas mais altas para atmosferas redutoras e inertes ou vácuo. Ainda não foram atribuídas letras para indicar essas combinações [5].

Eles cobrem uma faixa bastante extensa de temperatura que vai de -200 a 2300 °C aproximadamente, com uma boa precisão e repetibilidade aceitável, e com um custo menor que o de outros sensores de temperatura [5].

### 2.3.2. Par Bimetálico

É utilizada nos conhecidos termostatos. Trata-se de duas chapas metálicas de materiais com diferentes índices de dilatação que são montadas face a face conforme apresenta a figura 2.14. Com o aquecimento há uma deformação no conjunto de chapas, ocasionando abertura ou fechamento de um contato [5].

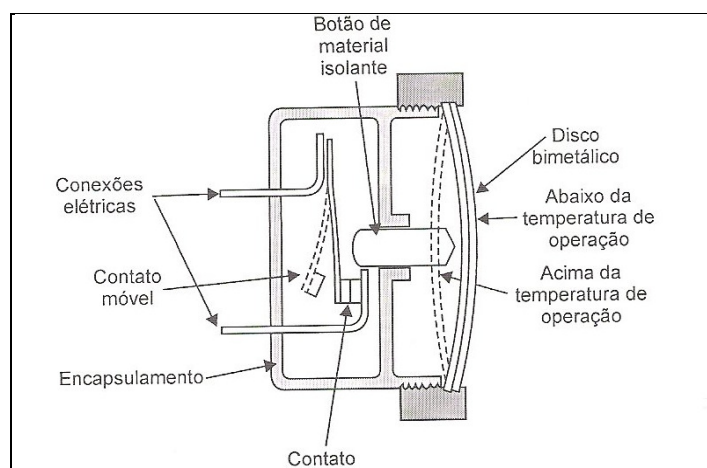


Figura 2.14 – Seção de um Termostato com um disco de par bimetálico [5].

## 2.4. Termostato

O termostato é um dispositivo que, baseado no efeito das variações de temperatura de um par bimetálico, provoca o fechamento ou abertura de um contato móvel em um circuito elétrico [6].

Um termostato é composto, basicamente, por dois elementos: um indica a variação térmica sofrida pelo sistema chamado elemento sensor; o outro controla essa variação e corrige os desvios de temperatura, mantendo-a dentro do intervalo desejado [6].

Termostatos para altas temperaturas são constituídos em geral por uma lâmina que se dilata com calor. Esta dilatação causa o afastamento dos contatos elétricos, que desliga o dispositivo controlado, podendo ser constituído de laminas bi-metálicas que possuem diferentes metais em cada lateral. A dilatação diferente de cada metal provoca o acionamento do contato [6].

Conforme figura 2.15, a resistência é alimentada eletricamente através do termostato, gerando calor até alcançar a temperatura em que o termostato abra o circuito, a resistência então para de aquecer. Quando a temperatura diminuir, os contatos se fecham novamente. Desta forma, mantêm - se a temperatura dentro de uma faixa desejada [6].

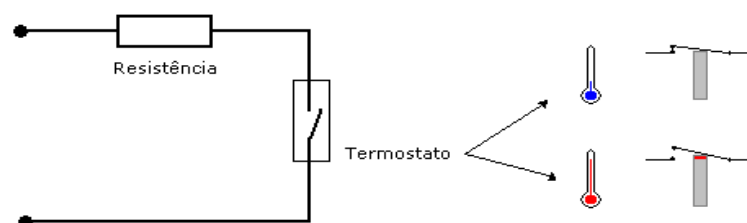


Figura 2.15 – Termostato [7].



O par bimetálico é o elemento sensor do termostato formado por dois metais que têm coeficientes de dilatação térmica de valores diferentes. Dado que as variações de comprimento são diferentemente proporcionais à temperatura do elemento sensível [6].

A inércia mecânica e a velocidade correspondente às ações de abertura e de fechamento do contato determinam os limites de sensibilidade do termostato e por isso, os limites dos valores de temperatura entre os quais atua [6].

A diferença entre o valor da temperatura necessária para que se realize o fechamento do contato e para abertura térmica chama-se “desviação térmica” [6].

O “poder de corte” do termostato e o valor da potência dos receptores por eles controlados depende do intervalo de abertura dos contatos. O valor do poder de corte é diretamente proporcional à velocidade de abertura e o espaço interposto entre os contatos, quando necessário uma reduzida desviação térmica, deve se diminuir proporcionalmente o valor da potencia dos receptores [6].

No termostato distinguem-se três elementos principais:

- a) Elemento sensível, totalmente encerrado por uma envoltura de proteção, geralmente chamada de cabeça sensível ou “bulbo”
- b) Mecanismo de abertura e fechamento dos contatos.
- c) Dispositivo regulador dos limites de funcionamento.

### 2.4.1. Termostatos eletrônicos

Os termostatos eletrônicos são formados por um sensor de temperatura e um circuito eletrônico que mede o sensor e aciona/desaciona a uma carga desejada [6].

Os sensores de temperatura podem ser constituídos por componentes eletrônicos sensíveis a temperatura, como resistores NTC ou PTC, ou por junções de silício, os termopares [6].

O módulo eletrônico mede a baixa corrente que circula pelo sensor e de acordo com sua variação, aciona a carga através de chaves eletromagnéticas ou circuito de potência eletrônico, conforme representa figura 2.16 [6].

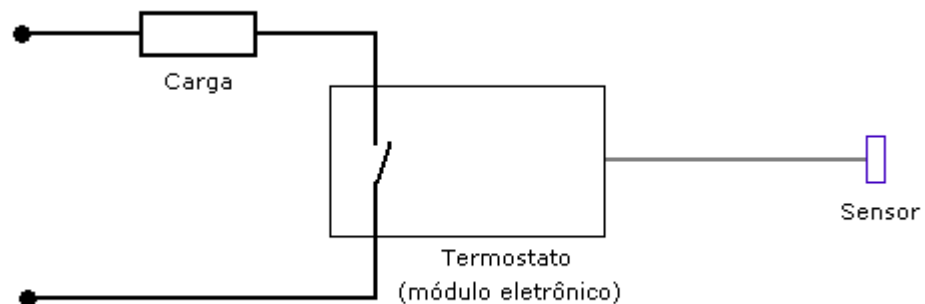


Figura 2.16 – Termostato eletrônico [7]

## 2.5. Funcionamento do chuveiro elétrico

O princípio básico de funcionamento do chuveiro elétrico tem início com a entrada de água vinda do reservatório na caixa do chuveiro com alta pressão, e devido à menor vazão na saída do chuveiro, parte da água se acumula dentro do mesmo. Acumulo este responsável por empurrar o diafragma que possui os contatos elétricos que se tocam com a parte superior do chuveiro onde esta conectada a

energia elétrica, conforme figura 2.17, fechando assim o circuito, fornecendo corrente elétrica para resistência [8].



Figura 2.17 – Funcionamento de um chuveiro elétrico [8].

A resistência é uma peça metálica que esquenta devido à movimentação dos elétrons da corrente elétrica. Em contato com a resistência superaquecida a água acumulada no chuveiro se esquenta. As chaves de “inverno” e “verão” definem o quanto de resistência será aquecida [8].

Quando a torneira é fechada, a água acumulada escorre e com isso o diafragma volta a posição normal desligando assim a corrente elétrica no chuveiro [8].

## Capítulo 3. Desenvolvimento do Projeto

O item 3.1 apresenta a descrição geral do protótipo de simulação, enquanto o item 3.2 e seus subitens apresentam a descrição detalhada do protótipo de simulação, A seção 3.3 descreve a instalações elétricas, a seção 3.4 apresenta as conexões hidráulicas do projeto, a seção 3.5 descreve o software Sitrad, o item 3.6 descreve os parâmetros de funcionamento do projeto, já o item 3.7 apresenta os testes e resultados e o item 3.8 apresenta as simulações realizadas.

### 3.1. Descrição geral do protótipo de simulação

Para o propósito de funcionamento do projeto foi desenvolvido um protótipo de apresentação conforme figura 3.1.



*Figura 3.1 – Protótipo de simulação*

O referido protótipo opera simulando o funcionamento de um sistema de distribuição de água quente para um chuveiro elétrico, sendo este composto dos seguintes componentes:

- Controlador Digital Diferencial de Temperatura
- Reservatório de Água
- Ducha Flex
- Conexões Hidráulicas
- Bomba de Circulação
- Disjuntor
- Sensores de temperatura
- Interface Conv32

### **3.2. Componentes do protótipo de simulação**

Este item descreve os componentes utilizados na implementação do protótipo de simulação.

### 3.2.1. Controlador Digital Diferencial de Temperatura

O controlador digital diferencial de temperatura “*Microsol II plus*” desenvolvido pela empresa “*Full Gauge*”, é utilizado para automação de sistemas de aquecimento solar, o referido controlador possui uma saída de apoio utilizada para acionamento de energia auxiliar e três sensores de temperatura do tipo NTC, sendo que para o referido projeto será utilizado dois sensores, o equipamento representado na figura 3.2 possui as seguintes especificações técnicas:



Figura 3.2 – Controlador diferencial de temperatura [10]

- Fabricante: Full Gauge Controls
- Alimentação: 115 ou 230 Vac $\pm$ 10%(50/60Hz)
- Temperatura de controle: -50 a 105 °C
- Resolução: 0.1 °C entre -10 e 100 °C e 1 °C no restante da faixa
- Dimensões: 71 x 28 x 71mm
- Temperatura de operação: 0 a 50 °C

### 3.2.2. Reservatório de água

O reservatório apresentado na figura 3.3 tem a função de armazenar a água utilizada para simulação, este é de aço para que resista a temperaturas máximas de 38 a 45 °C aplicadas para realização deste projeto e possui capacidade

de 18 litros sendo que durante as simulações são colocados oito litros d' água no referido reservatório.



*Figura 3.3 – Reservatório*

### *3.2.3. Ducha Flex*

A ducha representada na figura 3.4 tem como função simular o funcionamento de um chuveiro elétrico comum, pois possui o mesmo princípio de funcionamento apresentado no item 2.5 deste projeto.

- Fabricante: Fame
- Tensão (Volts): 220V~
- Potência Nominal Watts : 2.500W
- Seção Mínima do condutor (mm<sup>2</sup>): 2,5
- Disjuntor ou Fusível (Ampères): 15 A
- Pressão hidráulica mínima de funcionamento: 20 Kpa (2 m.c.a)



*Figura 3.4 – Ducha [11].*

### 3.2.4. Conexões hidráulicas

Os tubos e conexões hidráulicas para condução da água do reservatório térmico para o chuveiro é do material CPVC (policloreto de vinila clorado), devido as seu índice de condutibilidade térmica baixa o que diminui a perda de calor para o ambiente e resistência a altas temperaturas conforme as seguintes características:

- Pressão de serviço: 6,0 kgf/cm ou 60 m.c.a. conduzindo água à 80°C;  
24,0 kgf/cm ou 240 m.c.a. conduzindo água à 20°C;
- Condutividade Térmica do CPVC =  $9,6 \times 10^{-5} \text{ cm}^2 \times \text{s} \times ^\circ\text{C}$

### 3.2.5. Bomba de circulação

Devido à pressão fornecida pela circulação natural não ser suficiente para o perfeito funcionamento da ducha, este protótipo de simulação utiliza uma bomba retirada de maquina de lava-louça representada na figura 3.5, para aumento da pressão de circulação.

Potência: 200 W

Tensão: 110V / 60Hz

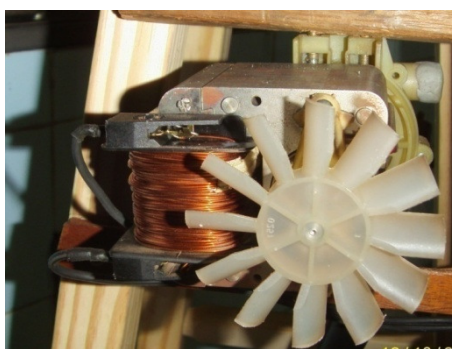


Figura 3.5 – Bomba de circulação de água



### 3.2.6. Disjuntor

Tem como função proteger o circuito e seus condutores contra sobrecorrentes, choques elétricos e para este projeto indica que a alimentação do controlador é feita através na energia vinda da rede passando pelo quadro geral de força onde estará instalado o disjuntor e assim chegando ao Controlador Digital Diferencial de Temperatura. Para o referido projeto esta se utilizando um disjuntor de 15 ampères representado na figura 3.6, seguindo as definições de funcionamento da ducha.

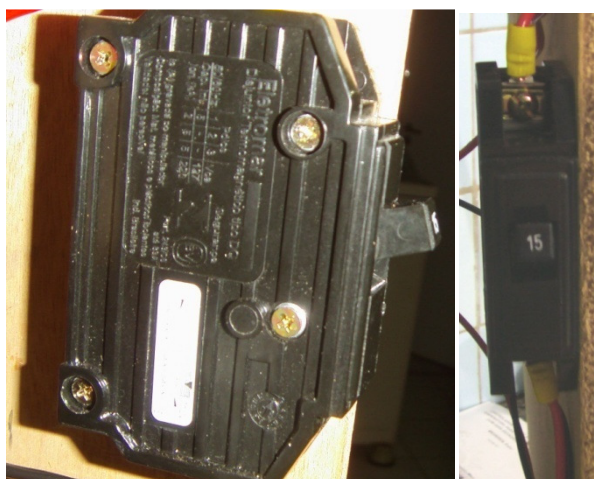
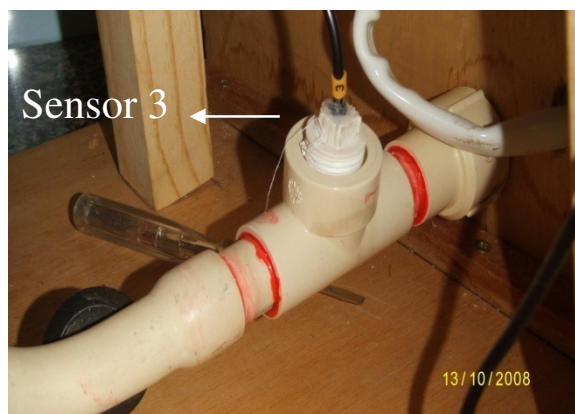


Figura 3.6 – Disjuntor

### 3.2.7. Sensores de temperatura

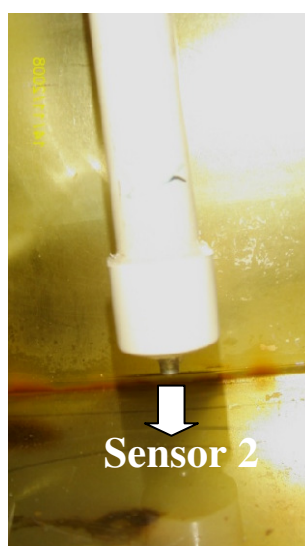
Protótipo de simulação elaborado neste projeto possui dois sensores de temperatura do tipo NTC, na qual sua resistência diminui com aumento da temperatura, o sensor indicado por um anel com número 3 está localizada na tubulação próxima a ducha, o referido sensor foi introduzido na tubulação através de uma junção do tipo “te” de CPVC devidamente isolado por uma conexão denominada “plug” conforme figura 3.7. O sensor indicado pelo anel como número 3

é responsável por fornecer a variação de temperatura da água em contato com o mesmo para o termostato eletrônico localizado no Controlador digital diferencial de temperatura.



*Figura 3.7 – Sensor 3*

O sensor indicado com um anel como número 2 está localizado no interior do reservatório através de um tubo de CPCV para evitar o contato da água aquecida como o seu condutor, deixando assim somente o elemento sensor em contato com a água conforme figura 3.8.



*Figura 3.8 – Sensor 2*

### 3.2.8. Interface Conv32

A interface Conv32 representada na figura 3.9 da marca Full Gauge permite que o controlador diferencial de temperatura seja conectado a um computador que possua porta de comunicação USB (Universal Serial Bus). Esta interface tem a função de transformar o padrão elétrico utilizado no computador para o padrão elétrico do protocolo de comunicação RS-485 utilizado pelo controlador, o referido protocolo proporciona a comunicação entre o controlador e o software Sitrard.



*Figura 3.9 – Interface Conv32*

### 3.3. Esquema elétrico do protótipo

A figura 3.10 representa o circuito elétrico de corrente alternada deste projeto, as referidas ligações utilizam condutores flexíveis de 2,5 mm<sup>2</sup> de diâmetro conforme orientações do fabricante da ducha. A ligação da fase é feita por condutores da cor vermelha, para o neutro condutor de cor preta e para o aterramento condutor da cor verde.

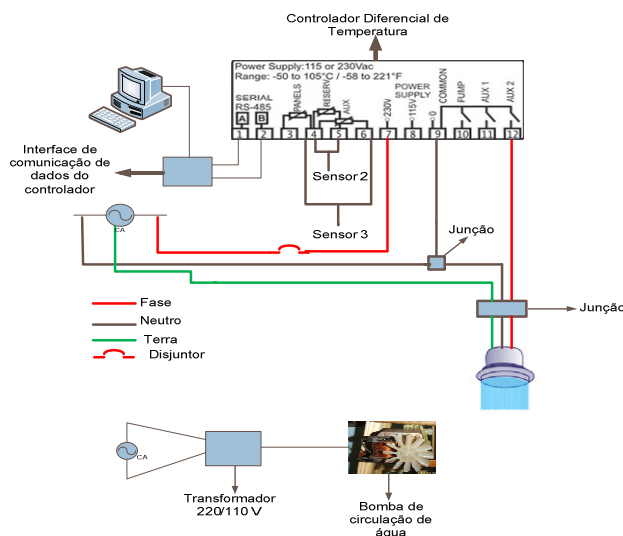


Figura 3.10 – Esquema elétrico do protótipo

Para alimentação do controlador digital de temperatura é utilizada uma tomada de três pinos, sendo que o pino da fase se encontra a direita, o pino neutro à esquerda e o pino terra no centro da tomada, este “plug” é conectado a uma fonte de corrente alternada, que neste projeto, será uma tomada alimentada pela rede elétrica.

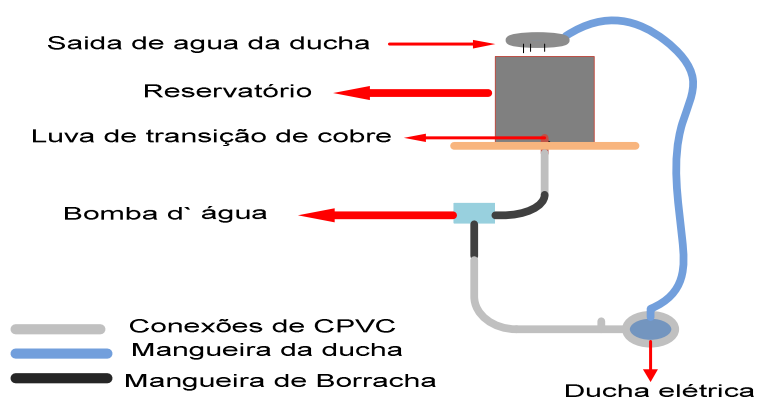
A corrente vinda da fonte de energia alimenta o controlador digital, e este por sua vez alimenta os elementos conectados em suas saídas: os sensores, o chuveiro e a interface, que através das portas de comunicação representados na figura 3.10 pelos números 1 e 2 recebe os dados do controlador e por sua vez envia estes dados para um computador através de um cabo USB.

O sensor 2, responsável por fornecer a temperatura do reservatório é conectado as saídas 4 e 5 do controlador digital, o sensor 3 localizado próximo à ducha é conectado as saídas 4 e 6 do controlador, sendo este sensor responsável indicar as variações de temperatura da água e através de corrente elétrica para o circuito elétrico do termostato eletrônico, localizado na saída auxiliar 2 indicado pelo

número 12 na figura 3.10, sendo assim de acordo com a temperatura indicada no sensor 3 o circuito do termostato eletrônico de aquecimento se abre interrompendo a alimentação do chuveiro ou se fecha mantendo a alimentação do mesmo no momento que tais variações de temperatura atingir os valores limites definidos para este projeto no item 3.6.1.

### 3.4. Esquema hidráulico do protótipo

A figura 3.11 apresenta as conexões hidráulicas realizadas para a implementação deste projeto. As conexões utilizadas são de materiais resistentes a temperaturas aplicadas neste projeto.



*Figura 3.11 – Esquema Hidráulico do protótipo*

A conexão entre o reservatório e o tubo de CPVC é feito através de uma conexão “luva” de cobre fixada ao reservatório através de solda de estanho com o objetivo de vedação da saída de água do reservatório.

Devido à necessidade de pressão da água para o funcionamento da ducha elétrica é utilizada uma bomba de circulação retirada de uma máquina lavar-louça, a referida bomba é conectada a tubulação por mangueiras de borracha

utilizadas em máquinas de lavar louça, resistente a temperatura aplicada neste projeto.

### 3.5. Software Sitrad

O Sitrad é um software distribuído gratuitamente para gerenciamento a distância para instalações de refrigeração, climatização e aquecimento solar. Para este projeto tais informações de gerenciamento serão acessadas localmente através de um notebook.

O software avalia, configura e armazena continuamente os dados da temperatura e tempo, permitindo a configuração e modificação dos parâmetros de funcionamento do controlador diferencial de temperatura. A figura 3.12 apresenta a tela inicial do Sitrad com os dados recebidos do controlador diferencial de temperatura, para este projeto é utilizada a versão local 4.7 que poderá ser encontrado no site em [11].



Figura 3.12 – Tela inicial Sitrad

### 3.6. Parâmetros de funcionamento do projeto

Para o funcionamento do projeto é necessário a definição dos parâmetros de funcionamento do controlador diferencial de temperatura, os referidos parâmetros serão definidos diretamente no controlador e será detalhado no item 3.6.1 e também será definido através do software Sitrad conforme apresenta o item 3.6.2.

#### 3.6.1. Configuração dos Parâmetros através do Controlador diferencial de temperatura.

Para configuração dos parâmetros através do controlador diferencial de temperatura, inicialmente é necessário acessar o menu de funções através de um código de segurança fornecido pelo fabricante do equipamento. Conforme apresenta figura 3.13.

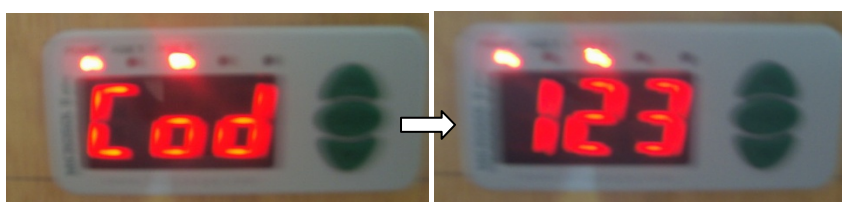


Figura 3.13 – Entrada do código de acesso

Após acesso ao menu de funções através dos botões de controle indicados na figura 3.14, é definido através da opção denominada “IND” no controlador a temperatura de qual sensor será mostrada no visor do controlador, para este projeto é definida que a temperatura do sensor 3 localizada próximo a ducha será a mostrada no visor do controlador diferencial de temperatura, pois a

variação da temperatura do referido sensor é responsável pelo acionamento ou interrupção da energia elétrica que alimenta o chuveiro.

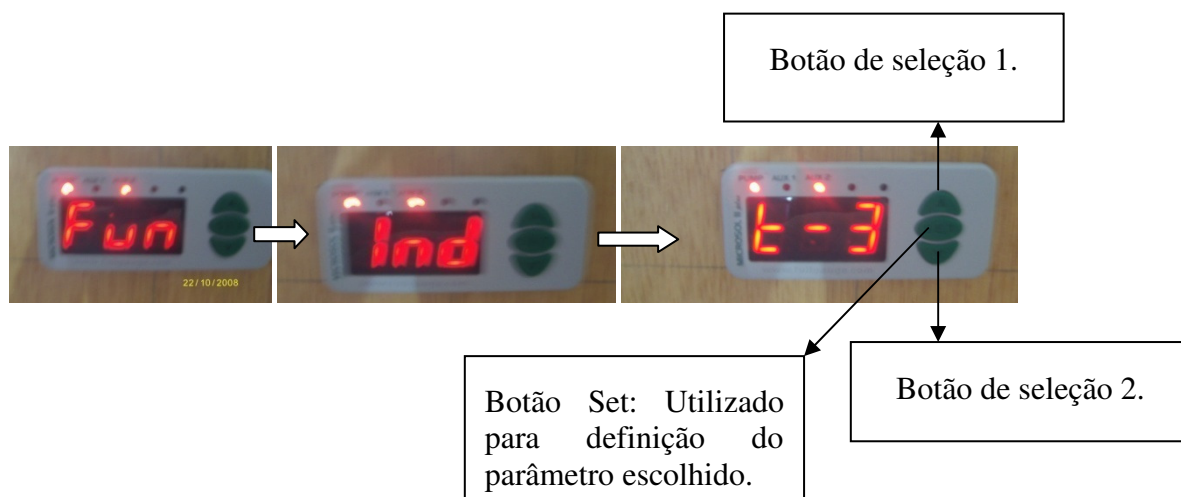
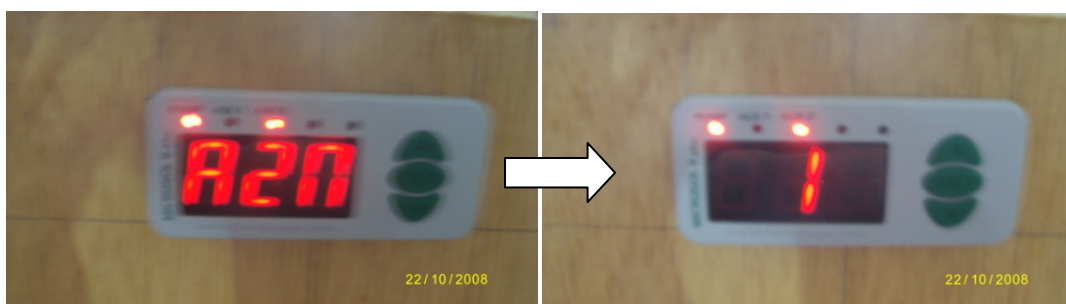


Figura 3.14 – Definição da temperatura apresentada no visor

Definida a temperatura visualizada no controlador, a configuração seguinte é o modo de operação da saída auxiliar 2 na qual está ligada a fase da ducha elétrica.

Para este projeto, será definido como termostato de aquecimento, dispositivo este, responsável por acionar ou interromper a energia elétrica que alimenta a ducha de acordo com as variações de temperatura no sensor 3 localizado próximo a ela, a função de termostato de aquecimento é indicada na opção denominada “A2N” no visor do controlador diferencial de temperatura conforme representa a figura 3.15, e o termostato de aquecimento é definido pelo número 1 na referida opção conforme informação do manual de instruções do controlador diferencial de temperatura em anexo à esta monografia.



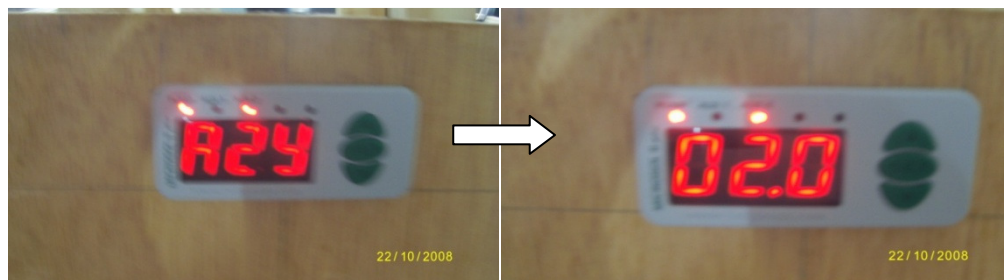


*Figura 3.15 – Definição da função de Termostato digital no controlador*

Com objetivo de evitar que a energia elétrica na qual alimenta a ducha seja acionada com freqüência devido a pequenas variações de temperatura, é definida uma diferença de 2°C em relação máxima temperatura da água na qual o sistema elétrico é interrompido, que para este projeto é de 38°C, diferença esta denominada histerese, sendo assim o sistema elétrico é interrompido quando a água em contato com sensor 3 atinge a temperatura igual ou superior a 38 °C e somente será acionado quando por algum motivo a água atingir a temperatura de 36°C devido a histerese de dois graus.

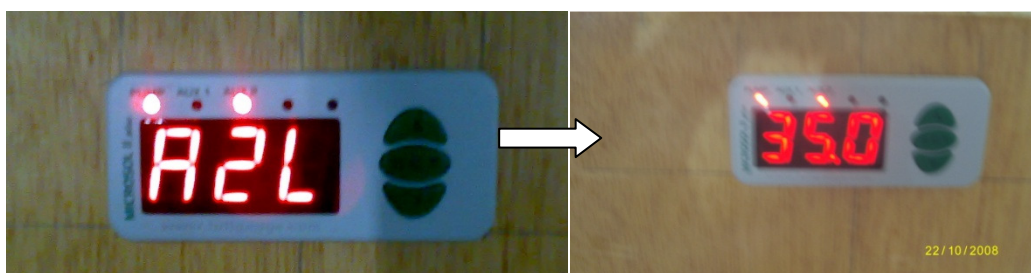
A escolha da temperatura máxima de 38°C para a interrupção é fundamentada em informações da empresa de sistemas de aquecimento solar Heliossol como temperatura de um banho confortável e a histerese de 2°C é a temperatura utilizada nos controladores de acionamento de energia auxiliar nos sistemas montados pela referida empresa.

A histerese é definida na função denominada “A2Y” conforme representa figura 3.16.



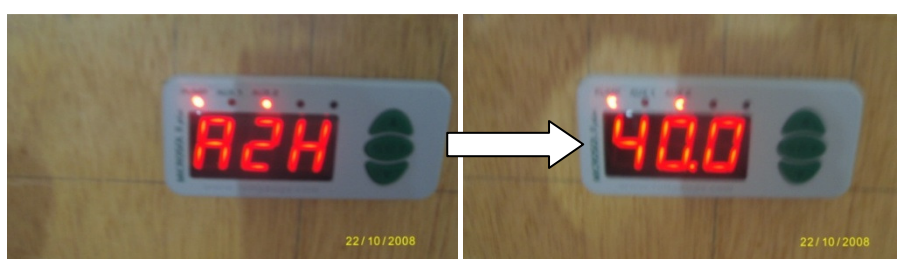
*Figura 3.16 – Definição da histerese no controlador diferencial de temperatura*

Para se evitar que por algum motivo seja definida uma temperatura de interrupção da energia elétrica que alimenta a ducha muito baixa, é definido uma temperatura mínima na qual o controlador poderá interromper a corrente elétrica que para este projeto é 35°C denominada “setpoint” mínimo, sendo esta configurada na opção representada pela sigla “A2L” conforme figura 3.17.



*Figura 3.17 – Setpoint mínimo*

É necessário definir um valor de temperatura máximo para que possa ser interrompido o sistema elétrico, esta definição tem como objetivo evitar a escolha de temperaturas muito altas para interrupção do sistema elétrico, valor este denominado “setpoint” máximo que para este projeto é definido em 40°C, e representado pela sigla “A2H” conforme representa figura 3.18.



*Figura 3.18 – Setpoint máximo*

O ultimo parâmetro definido para o funcionamento do deste projeto, é a temperatura limite no qual o termostato eletrônico, localizado na saída auxiliar 2 do controlador interrompa a corrente na qual alimenta a ducha, para este projeto será definida em 38°C, considerada esta mínima para um banho confortável baseando-se em infamações da empresa de sistemas de aquecimento solar Heliossil, sendo assim no momento em que a água em contato com o sensor 3 localizado próximo á ducha atingir a referida temperatura, a alimentação se interrompe devido ao fato do sensor utilizado neste projeto ser um termistor tipo NTC, onde sua resistência decresce com aumento da temperatura, esta variação de resistência é transmitida ao controlador através da corrente elétrica que também varia de acordo com a resistência do sensor. O modulo eletrônico do controlador diferencial de temperatura mede a baixa corrente que circula pelo sensor, transforma a correte em calor através de um resistor, e de acordo com sua variação, interrompe a alimentação elétrica da ducha ao atingir a temperatura limite de 38°C, através de uma chave eletromagnética (relé).

A opção para o referido parâmetro é indicada pela sigla “SP2” conforme representa a figura 3.19.

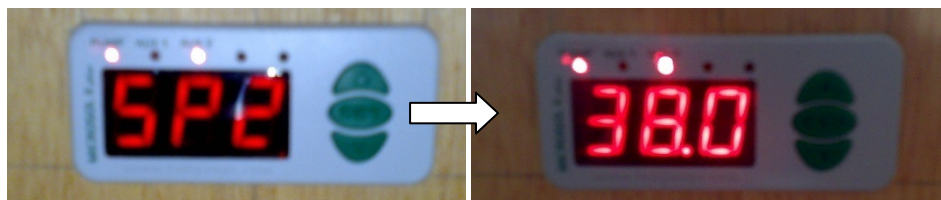


Figura 3.19 – Temperatura de interrupção

### 3.6.2. Configuração dos parâmetros através do software Sitrad

A definição dos parâmetros de funcionamento através do software é feita acessando o item parâmetros, conforme mostra figura 3.20.

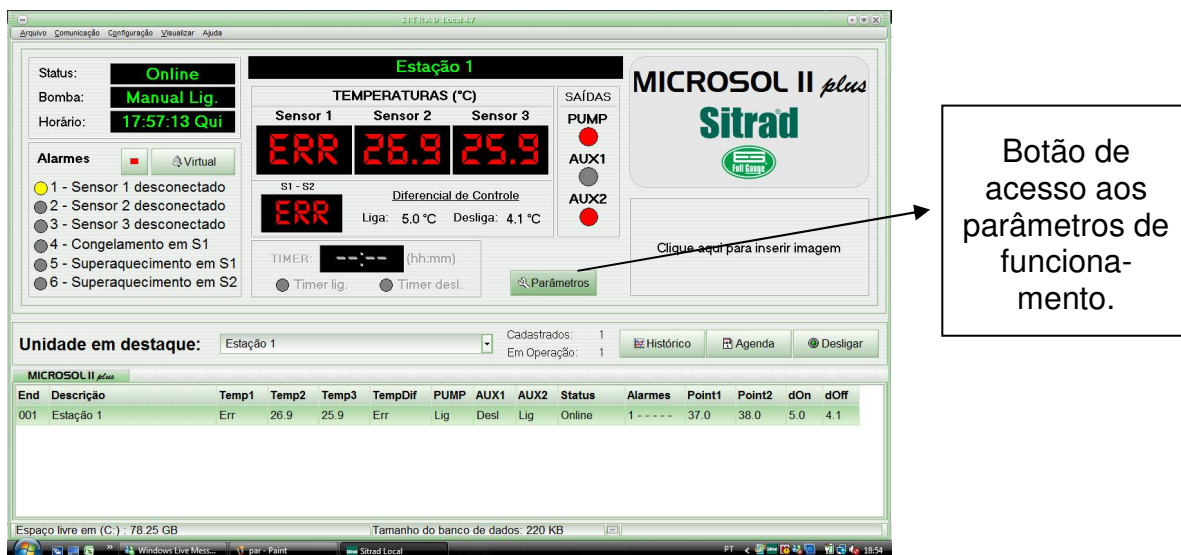


Figura 3.20 – Tela de acesso aos parâmetros de funcionamento

Após acesso ao menu de parâmetros, é apresentada a tela referente a todos os itens possíveis de configuração do controlador conforme figura 3.21, a configuração no Sitrad segue a mesma ordem de configurações feitas no controlador diferencial de temperatura no item 3.5.1 desta monografia.

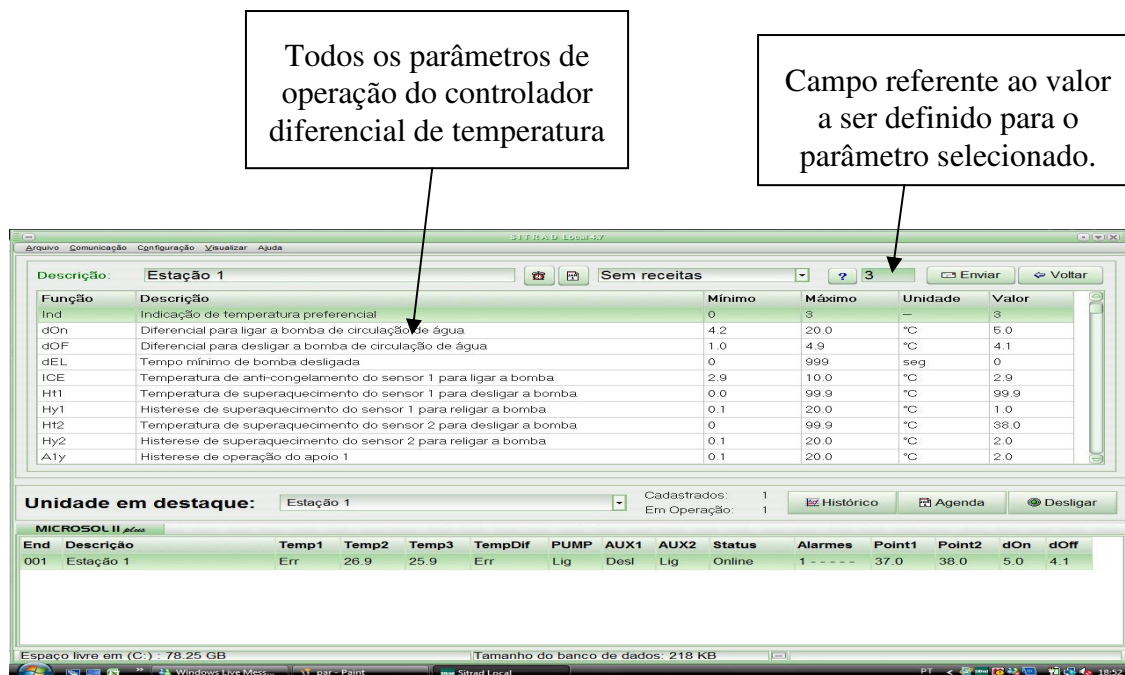


Figura 3.21- Definição dos parâmetros de funcionamento no Sitra

A definição dos valores é feita clicando sobre o parâmetro a ser definido e no campo valor indicado na figura 3.20, é colocado o valor referente ao parâmetro de funcionamento conforme tabela 3.21, a confirmação do valor do parâmetro definido é feita no botão enviar na tela do Sitrad.

Função	Descrição	Valor
Ind	Indicação de temperatura preferencial	3
A2M	Modo de operação do apoio 2	1
A2Y	Histerese de operação do apoio 2	2°
A2L	Mínimo setpoint de operação do apoio 2	35°
A2H	Máximo setpoint de operação do apoio 3	40°
SP2	Temperatura de operação do apoio 2	38°

Tabela 1 – Parâmetros de funcionamento

### 3.7. Testes e resultados

Após a montagem do circuito elétrico do projeto, verificou-se a necessidade da realização de testes visando constatar que o Controlador Diferencial de Temperatura atenderia com êxito as necessidades de funcionamento deste projeto e se o circuito elétrico montado estaria funcionando corretamente.

Este capítulo apresenta os testes realizados no desenvolvimento do projeto bem como os resultados e ações tomadas.

As figuras 3.22 e 3.23 ilustram o ambiente onde foram realizados os testes.



*Figura 3.22 – Ambiente de testes*

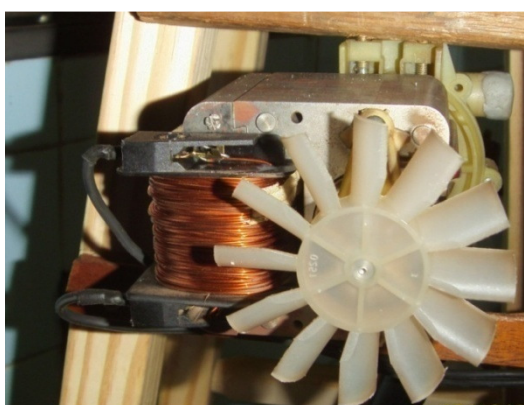


*Figura 3.23 – Ambiente de testes*



Na figura 3.22 é apresentado o ambiente de teste do circuito elétrico, no qual o objetivo foi verificar se a ligação elétrica montada estava funcionando corretamente. Montou-se o circuito elétrico com uma lâmpada com a função de representar o chuveiro, com o objetivo que no momento no qual o sensor atingir a temperatura de 38°C a lâmpada se apague, inicialmente verificou-se que devido às dificuldades na configuração dos parâmetros no controlador diferencial de temperatura não houve êxito neste teste. A solução encontrada foi uma consulta ao engenheiro da empresa Heliossol que forneceu a forma de se definir corretamente os parâmetros de funcionamento. Com a forma correta de se definir os parâmetros o teste foi realizado novamente e verificou-se o correto funcionamento do circuito elétrico montado para o projeto.

Após montagem do protótipo constatou-se que a pressão d'água que chega a ducha não era suficiente para o seu funcionamento, a solução para este problema de falta de pressão foi a inclusão de uma bomba de circulação de água representada na figura 3.24, que aumentou a pressão de forma a acionar com sucesso a resistência elétrica da ducha conforme desejado neste teste realizado.



*Figura 3.24– Bomba de circulação de água*

Com a bomba devidamente instalada, realizou-se o teste para verificar conforme o objetivo deste projeto, se a energia elétrica que alimenta a ducha é

interrompida no momento que a água em contato com o sensor 3, localizado próximo a ela, estiver a uma temperatura igual a 38°C. Para que a água fosse aquecida até a temperatura mencionada, foi colocada a saída da ducha no reservatório, de forma que a água ao ser aquecida pela resistência da ducha retorne ao reservatório e seja novamente colocada em contato com o sensor 3, devido à recirculação provida pela bomba conforme figura 3.25.

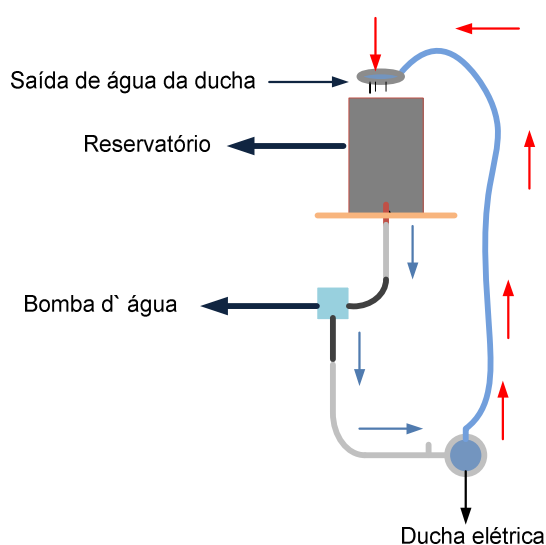


Figura 3.25 – Recirculação de água

O resultado de sucesso neste teste é o momento em que a temperatura atinge os 38°C definidos para a interrupção da corrente elétrica da ducha, a luz indicadora de que o circuito do termostato eletrônico, localizado na saída auxiliar 2 do controlador, se desliga, indicando assim que, enquanto desligada essa luz a alimentação da ducha esta interrompida como desejado.





*Figura 3.26 – Luz indicadora de estado de funcionamento*

O resultado de sucesso deste teste também é comprovado através do gráfico representado na figura 3.27 e gerado através do software Sitrad, no qual demonstra que enquanto a água em contato com sensor 3 esta abaixo da temperatura de 38°C, sofre um aumento gradativo de temperatura devido ao aquecimento gerado pela resistência da ducha, no momento em que se atinge a temperatura de 38°C ocorre a interrupção no circuito que alimenta a ducha e o aquecimento gradativo de temperatura é interrompido sendo que pelo fato da resistência não sofrer um resfriamento imediato, esta ainda transmite calor água por um determinado instante de tempo, após atingir o pico de aquecimento a água começa a perder temperatura devido a não mais estar recebendo calor da resistência elétrica o que comprova o funcionamento de acordo com o objetivo do projeto.

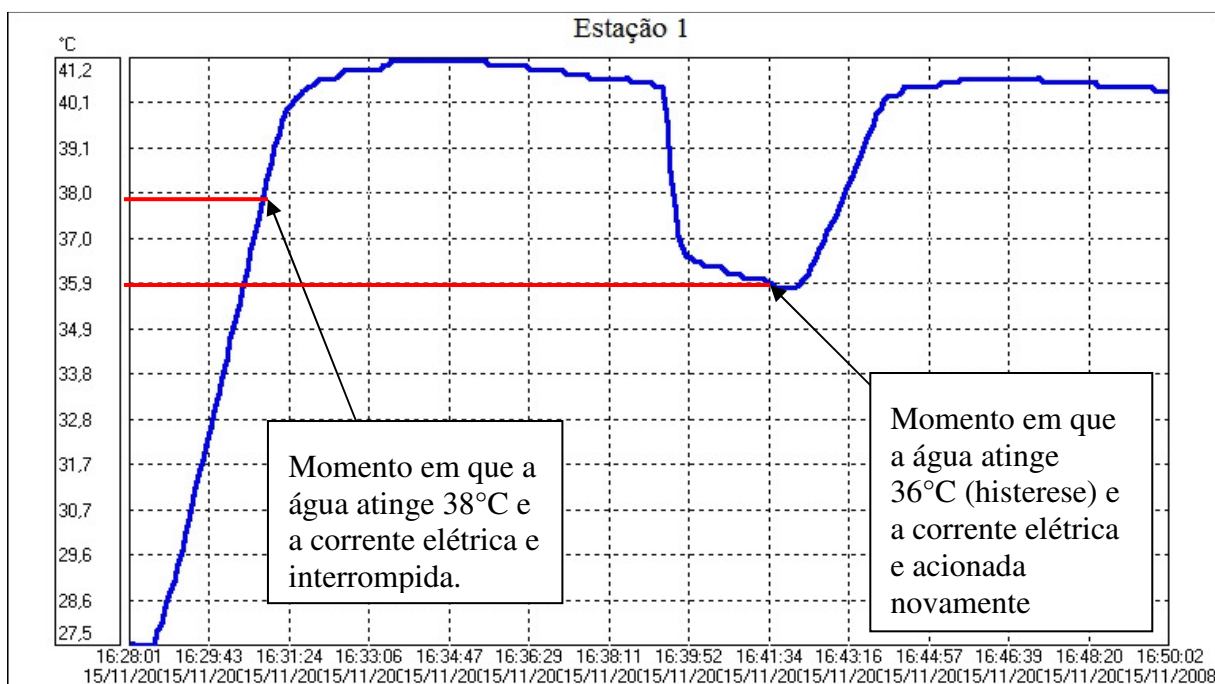


Figura 3.27 – Gráfico das variações de temperatura no sensor 3

Após alcançar o pico da temperatura na qual foi aquecida pela resistência, a água perde calor devido ao reservatório não possuir propriedades isolantes. Com objetivo de verificar se a histerese de 2°C iria acionar novamente o sistema elétrico no momento em que a água atingir 36°C, foi adicionado ao reservatório, água em temperatura ambiente com objetivo de acelerar a perda de calor até atingir os 36°C. O resultado deste teste é apresentado no gráfico da figura 3.27, em que ao atingir a temperatura de histerese o sistema elétrico é novamente acionado e conseqüentemente aquecendo a água através da resistência da ducha.

### 3.8. Simulações

As simulações realizadas e descritas neste item do projeto foram realizadas com objetivo de avaliar e confirmar o funcionamento deste projeto. O item 3.8.1 descreve a simulação da interrupção da alimentação elétrica do chuveiro e o item 3.8.2 apresenta a simulação referente ao acionamento da alimentação elétrica devido à histerese definida para este projeto que é 2 °C.

#### 3.8.1. *Interrupção da alimentação elétrica*

Para realização desta simulação foi colocada no reservatório uma quantidade de água em temperatura ambiente, suficiente para que a bomba mantenha a circulação constante da água. Ao se ligar o controlador diferencial de temperatura, o mesmo aciona a alimentação elétrica da saída auxiliar 2, na qual está ligada a ducha, pois a temperatura da água em contato com sensor 3 está abaixo do parâmetro de interrupção, definido em 38 °C. Em seguida, a bomba de circulação é acionada impulsionando a água para ducha, que devido ao movimento de seu diafragma se eleva e fecha o circuito elétrico de alimentação da resistência, que aquece e transmite o calor para água em contato com a mesma. Depois de aquecida, esta água retorna ao reservatório através de sua saída colocada no interior do mesmo. Esta circulação gera um aumento gradativo da água, até o limite definido para interrupção da corrente elétrica. O gráfico representado na figura 3.28 apresenta que, conforme objetivo do projeto, ao atingir o limite definido para interrupção da corrente elétrica, o aumento gradativo de temperatura é interrompido

devido ao não aquecimento gerado pela resistência desligada após a interrupção da corrente elétrica.

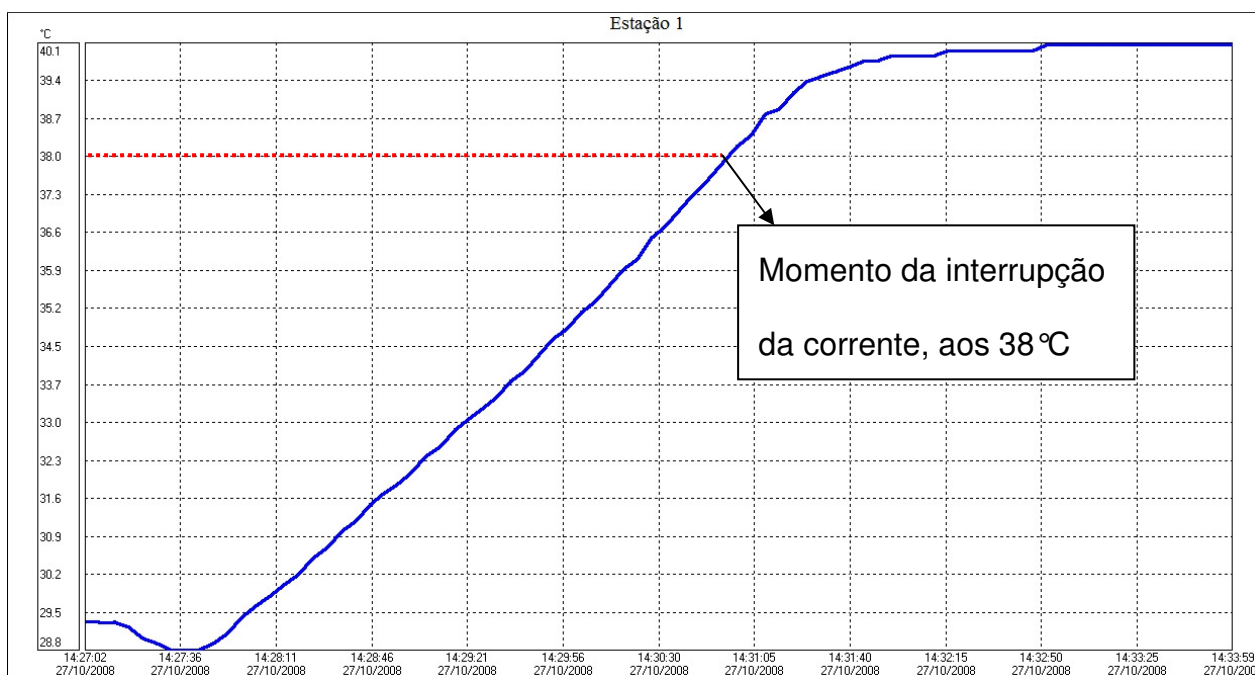


Figura 3.28 – Gráfico da simulação de interrupção da corrente elétrica

### 3.8.2. Simulação do acionamento da alimentação elétrica devido a Histerese

Para esta simulação foi adicionado ao reservatório água em temperatura ambiente com objetivo de reduzir de forma mais rápida a temperatura da água anteriormente aquecida pela resistência elétrica da ducha, o gráfico representado na figura 3.29, mostra que ao atingir a temperatura de 36°C conforme a histerese de 2°C definida para este projeto, o sistema elétrico é novamente acionado e inicia-se o aumento gradativo da temperatura comprovando assim o perfeito funcionamento do projeto.

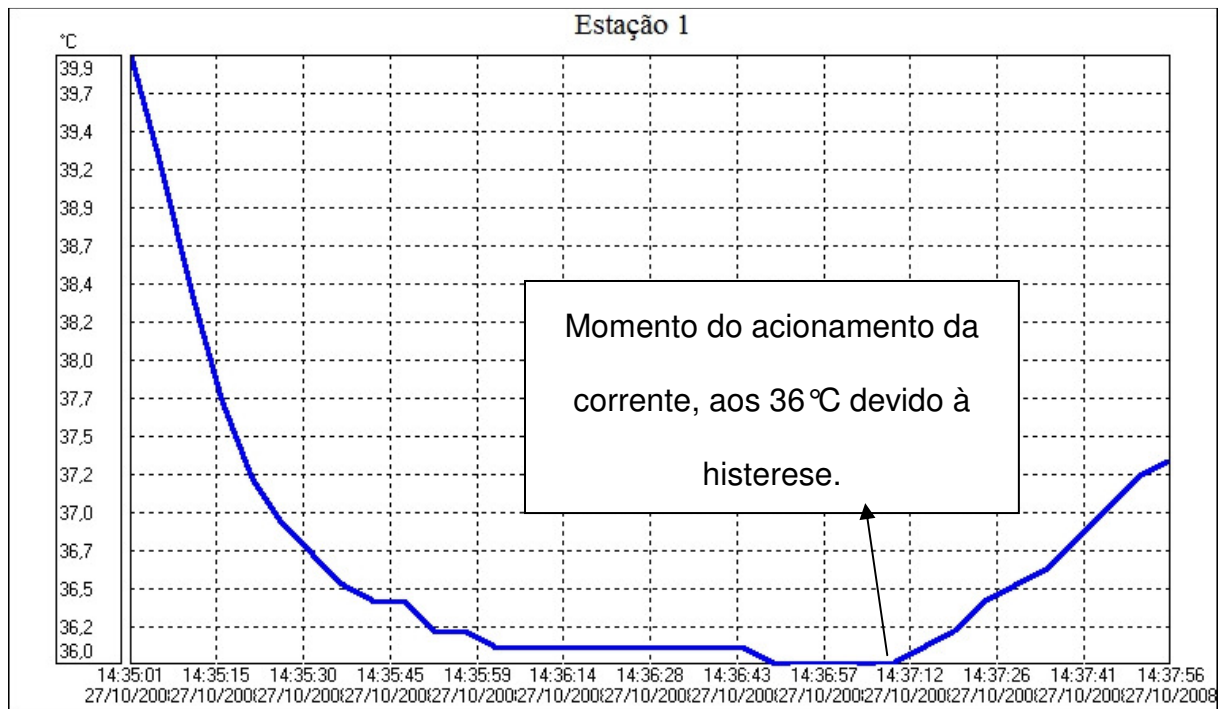


Figura 3.29 – Gráfico da simulação da histerese

## Capítulo 4. Conclusão

Este projeto realiza a interrupção ou acionamento automático da energia elétrica que alimenta um chuveiro elétrico ligado a um sistema de aquecimento solar de água, por meio de um termostato eletrônico contido em um controlador diferencial de temperatura no qual são definidos os parâmetros de funcionamento do projeto.

Um problema resolvido neste projeto foi quanto à falta de pressão de água suficiente para o funcionamento da ducha. A solução encontrada foi a inclusão de uma bomba de circulação de água retirada de uma máquina de lavar louça.

Após concluído o desenvolvimento, o projeto apresenta o seguinte funcionamento: O sensor de temperatura, localizado próximo a ducha transmite as variações de temperatura da água em contato com o ele devido à variação em sua resistência que diminui com aumento da temperatura, conseqüentemente variando a corrente enviada ao circuito elétrico do termostato eletrônico contido no controlador diferencial de temperatura que transforma essa corrente em calor. Ao atingir o limite programado para interrupção o circuito é aberto interrompendo assim a corrente que alimenta a ducha, após interrompida a corrente será novamente acionada somente quando a temperatura da água em contato com o sensor estiver 2°C abaixo da temperatura definida para interrupção que para este projeto é 38°C, sendo assim a alimentação é acionada em 36°C.

Ficam aqui propostas para projetos futuros:

- Utilização do Software Sitrad remoto para monitoramento do funcionamento deste projeto a distância através da internet
- Utilização do Software Sitrad Mobile para monitoramento do funcionamento deste projeto a distância através de um celular.
- Inclusão de um misturador digital para que o usuário possa definir a temperatura exata que deseja utilizar para um banho confortável.

## Referências Bibliográficas

- 1 - KEHL, FERNANDO, ***Projeto de um Sistema de Aquecimento Solar de Água para República de Estudantes da UFRGS 2004***. 25f. Dissertação de Graduação, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2004.
- 2- LOURENÇO Jr, I. **Estudo de Um Sistema de Aquecimento de Água Híbrido Gás-Solar**. 100f. Dissertação de Mestrado, LABSOLAR, PROMEC, UFRGS, Porto Alegre, Brasil, 2000.
- 3- Aquecedores solares para Água, soletrol - <http://www.soletrol.com.br/> Acessado em: 05 de Setembro de 2008
- 4- Frank P. Incropera, David P. De Witt. **Fundamentos da transferência de calor e de massa**, 4ª Ed editora LTC, 1998
- 5- Pedro Urbano Braga de Albuquerque, Daniel Thomazini. **Sensores industriais: fundamentos e aplicações**, 1ª Ed editora Érica 2005
- 6- Mota, Adriano, **Manual prático do Eletricista**, 1ª Ed Editora Hemus, 2004
- 7 - <http://www.cjdinfo.com.br/Curiosidades/Termostato.asp> Acessado em: 15 de Setembro de 2008
- 8 - LOPES, Reinaldo José. **Revista mundo novo**, abril, 2008, pág. 46.
- 9 - SOUZA de, Zulcy e BORTONI, Edson da Costa. **Instrumentação para Sistemas Energéticos e Industriais**, 1ª Ed. Itajubá, outubro, 2006
- 10 – Full gauge - [www.fullgauge.com.br/](http://www.fullgauge.com.br/) Acessado em: 26 de Outubro de 2008
- 11- Fame - [www.fame.com.br](http://www.fame.com.br) Acessado em: 30 de Outubro de 2008
- 12 – Software Sitrad - [www.sitrad.com.br/](http://www.sitrad.com.br/) Acessado em: 30 de Outubro de 2008



## **Anexos**



## MICROSOL II *plus*

CONTROLADOR DIFERENCIAL DE  
TEMPERATURA PARA AQUECIMENTO  
SOLAR COM DOIS ESTÁGIOS DE APOIO

Ver.02



MCSOL2V02-04T-10793

### 1. DESCRIÇÃO

Controlador diferencial de temperatura para automação de sistemas de aquecimento solar, o **MICROSOL II *plus*** torna simples o gerenciamento da temperatura da água nos reservatórios térmicos e piscinas, utiliza melhor a energia solar e contribui para economia de água.

Atua no comando da bomba de circulação de água através do diferencial de temperatura entre os coletores solares e o reservatório térmico ou piscina. É um instrumento dedicado que possui todos os seus parâmetros de configuração protegidos por código de acesso.

Dispõe de duas saídas para apoio, que pode ser elétrico, a gás, a diesel ou também para programar a filtragem da piscina. O apoio 1 está vinculado a uma agenda que permite a configuração de até quatro eventos diários para cada dia semana e o apoio 2 pode ser opcionalmente configurado para funcionamento em conjunto com a agenda. Possui funções que impedem o congelamento e o superaquecimento da água nas tubulações e um relógio com bateria interna para garantir seu sincronismo, mesmo na falta de energia, por muitos anos.

O instrumento possui comunicação serial para conexão com o SITRAD® via Internet.

Produto em conformidade com CE (União Européia) e UL Inc. (Estados Unidos e Canadá).

### 2. APLICAÇÃO

• Sistemas de aquecimento solar bombeados

### 3. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

- Alimentação: 115 ou 230Vac  $\pm$  10% (50/60Hz)

- Temperatura de controle: -50 a 105°C  
-58 a 221°F

- Resolução: 0.1°C entre -10 e 100°C e 1°C no restante da faixa  
1°F entre -58 e 221°F

- Dimensões: 71 x 28 x 71mm

- Temperatura de operação: 0 a 50°C / 32 a 122°F

- Umidade de operação: 10 a 90% UR (sem condensação)

- Sensores: S1 - Sensor dos coletores  
S2 - Sensor do Reservatório/Piscina  
S3 - Sensor de controle de apoios

- Saídas de controle: PUMP - Bomba d'água ou solenóide - 5(3)A/250Vac 1/8HP  
AUX1 - Saída de apoio 1 - 5(3)A/250Vac 1/8HP  
AUX2 - Saída de apoio 2 - 5(3)A/250Vac 1/8HP

CLASSIFICAÇÃO SEGUNDO A NORMA IEC60730-2-9:

- Limite de temperatura da superfície de instalação: 50°C

- Tipo de construção: Controlador eletrônico incorporado

- Ação automática: Tipo 1

- Controle de poluição: Grau 2

- Tensão de impulso: 1,5kV

- Temperatura para o teste de pressão de esfera: 75°C e 125°C

- Isolação: Classe II

### 4. CONFIGURAÇÕES

#### 4.1 - Para entrar no menu de funções

Pressione e simultaneamente por 2 segundos até aparecer , soltando em seguida. Ao aparecer , pressione (toque curto) e insira o código (123) através das teclas e . Para confirmar pressione a tecla . Através das teclas e acesse as demais funções e proceda do mesmo modo para ajustá-las. Para sair do menu e retornar à operação normal, pressione (toque longo) até aparecer .

#### 4.2 - Funções

Entrada do código de acesso

Funções de configuração avançadas

Modo de operação da agenda de eventos

Programação da agenda de eventos

Ajuste do relógio e dia da semana

#### 4.2.1 - Tabela de parâmetros

Fun	Descrição	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Min	Máx	Unid	Padrão	Min	Máx	Unid	Padrão
	Indicação de temperatura preferencial	-	-	-	-	-	-	-	-
	Diferencial para ligar a bomba de circulação de água	1.0	20.0	°C	8.0	2	36	°F	14
	Diferencial para desligar a bomba de circulação de água	1.0	20.0	°C	4.0	2	36	°F	7
	Tempo mínimo de bomba desligada	0	999	seg.	0	0	999	seg.	0
	Temperatura de anti-congelamento do sensor 1 para ligar a bomba de circulação de água	3.0	10.0	°C	3.0	38	50	°F	38
	Temperatura de superaquecimento do sensor 1 para desligar a bomba de circulação de água	0.0	99.9	°C	99.9	32	212	°F	212
	Histerese de superaquecimento do sensor 1 para religar a bomba de circulação de água	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	1
	Temperatura de superaquecimento do sensor 2 para desligar a bomba de circulação de água	0.0	99.9	°C	99.9	32	212	°F	212
	Histerese de superaquecimento do sensor 2 para religar a bomba de circulação de água	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	1
	Histerese de operação do apoio 1	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	1

	Mínimo setpoint de operação do apoio 1	-50.0	105.0	°C	-50.0	-58	221	°F	-58
	Máximo setpoint de operação do apoio 1	-50.0	105.0	°C	105.0	-58	221	°F	221
	Tempo de acionamento manual do apoio 1	0	999	min.	0	0	999	min.	0
	Modo de operação do apoio 2	0	5	-	0	0	5	-	0
	Histerese de operação do apoio 2	0.1	20.0	°C	1.0	1	36	°F	1
	Mínimo setpoint de operação do apoio 2	-50.0	105.0	°C	-50.0	-58	221	°F	-58
	Máximo setpoint de operação do apoio 2	-50.0	105.0	°C	105.0	-58	221	°F	221
	Tempo de timer cíclico ligado	1	999	min.	1	1	999	min.	1
	Tempo de timer cíclico desligado	1	999	min.	1	1	999	min.	1
	Modo de atrelamento dos apoios a agenda de eventos	0	3	-	0	0	3	-	0
	Offset de indicação da temperatura do sensor 1	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
	Offset de indicação da temperatura do sensor 2	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
	Offset de indicação da temperatura do sensor 3	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
	Endereço do instrumento na rede RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

#### 4.2.2 - Descrição dos parâmetros

Indicação de temperatura preferencial

Esta função permite que seja configurada a indicação de temperatura preferencial. Pode-se escolher entre:

temperatura no sensor 1

temperatura no sensor 2

temperatura no sensor 3

temperatura diferencial (S1-S2)

Diferencial para ligar a bomba de circulação de água

Esta função permite ajustar a temperatura diferencial (S1-S2) para acionamento da bomba de circulação de água. A medida que os coletores solares recebem energia, a temperatura no sensor S1 aumenta. Quando esta temperatura estiver a um valor determinável acima da temperatura do sensor S2, a bomba é ligada e circula para baixo a água aquecida, armazenando-a no reservatório, por exemplo.

Diferencial para desligar a bomba de circulação de água

Esta função permite ajustar a temperatura diferencial (S1-S2) para desligamento da bomba de circulação de água. Com a bomba ligada, a água quente circula para baixo e a fria para cima. Logo, a diferença de temperatura entre S1 e S2 tende a diminuir. Quando esta diferença cai a um valor determinável, a bomba é desligada e cessa a circulação de água.

Tempo mínimo de bomba desligada

Esta função permite ajustar o tempo de desligamento mínimo que a bomba deve ter antes que possa ser religada. Com essa opção evita-se que a bomba fique sendo ligada e desligada em curtos espaços de tempo, desta maneira aumentando a vida útil da mesma. Esta função também define o retardo de acionamento da bomba ao ligar o controlador.

Temperatura de anti-congelamento do sensor 1 para ligar a bomba de circulação de água

Esta função permite ajustar a temperatura de formação de gelo nos coletores. Quando a temperatura nos coletores (sensor 1) estiver muito baixa (Ex.: noites de inverno), a bomba é ligada, de tempos em tempos, para impedir que a água congele nos canos e danifique os mesmos. A histerese é fixa em 2°C/4°F. Para desativar esta função basta decrementar o valor até que a mensagem apareça no display.

Temperatura de superaquecimento do sensor 1 para desligar a bomba de circulação de água

Esta função permite ajustar a temperatura de superaquecimento dos coletores para desligar a bomba de circulação de água. Quando a temperatura nos coletores (sensor 1) estiver acima de um valor determinável, a bomba é desligada para impedir que a água superaquecida circule pelos canos e os danifique (caso canos de PVC sejam usados).

Histerese de superaquecimento do sensor 1 para religar a bomba de circulação de água  
Ajuste da histerese da temperatura de superaquecimento do sensor 1 para permitir o religamento da bomba de água.

Temperatura de superaquecimento do sensor 2 para desligar a bomba de circulação de água

Esta função permite ajustar a temperatura de superaquecimento da piscina para desligar a bomba de circulação de água, evitando desconforto térmico.

Histerese de superaquecimento do sensor 2 para religar a bomba de circulação de água  
Ajuste da histerese da temperatura de superaquecimento do sensor 2 para permitir o religamento da bomba de água.

Histerese de operação do apoio 1

Ajuste da histerese do setpoint de temperatura de acionamento do apoio 1.

Mínimo setpoint de operação do apoio 1

Limite inferior cuja finalidade é evitar que, por engano, regule-se temperaturas exageradamente baixas de setpoint do apoio 1.

Máximo setpoint de operação do apoio 1

Limite superior cuja finalidade é evitar que, por engano, regule-se temperaturas exageradamente altas de setpoint do apoio 1.

Tempo de acionamento manual do apoio 1

Tempo em que o apoio 1 ficará acionado quando for ativado manualmente. Após transcorrido este período o apoio 1 volta a funcionar automaticamente.

**820** Modo de operação do apoio 2

Esta função permite configurar o modo de funcionamento da saída de apoio 2. Os modos são:

- \* 0 " - termostato para refrigeração
- \* 1 " - termostato para aquecimento
- \* 2 " - termostato para refrigeração atrelado à agenda de eventos
- \* 3 " - termostato para aquecimento atrelado à agenda de eventos
- \* 4 " - timer cíclico com estado inicial ligado
- \* 5 " - timer cíclico com estado inicial ligado atrelado à agenda de eventos

**829** Histerese de operação do apoio 2

Ajuste da histerese do setpoint de temperatura de acionamento do apoio 2.

**82L** Mínimo setpoint de operação do apoio 2

Limite inferior cuja finalidade é evitar que, por engano, regule-se temperaturas exageradamente baixas de setpoint do apoio 2.

**82H** Máximo setpoint de operação do apoio 2

Limite superior cuja finalidade é evitar que, por engano, regule-se temperaturas exageradamente altas de setpoint do apoio 2.

**80n** Tempo de timer cíclico ligado

Esta função permite ajustar o tempo em que o timer cíclico mantém sua saída ligada.

**80F** Tempo de timer cíclico desligado

Esta função permite ajustar o tempo em que o timer cíclico mantém sua saída desligada.

**80d** Modo de atrelamento dos apoios a agenda de eventos

Esta função permite ajustar a quais dos 4 eventos diários cada saída de apoio será atrelada. Os modos possíveis são:

- |  |  |
|--|--|
| * 0 " - Aux 1 atrelado aos eventos 1,2,3,4<br>Aux 2 atrelado aos eventos 1,2,3,4 | * 2 " - Aux 1 atrelado aos eventos 1,2<br>Aux 2 atrelado aos eventos 3,4 |
| * 1 " - Aux 1 atrelado ao evento 1<br>Aux 2 atrelado aos eventos 2,3,4           | * 3 " - Aux 1 atrelado aos eventos 1,2,3<br>Aux 2 atrelado ao evento 4   |

**0F1** Offset de indicação da temperatura do sensor 1

Esta função permite ajustar o Offset de indicação da temperatura do sensor 1 (coletores).

**0F2** Offset de indicação da temperatura do sensor 2

Esta função permite ajustar o Offset de indicação da temperatura do sensor 2 (reservatórios/piscina).

**0F3** Offset de indicação de temperatura do sensor 3

Esta função permite ajustar o Offset de indicação da temperatura do sensor 3 (apoios).

**8d2** Endereço do instrumento na rede RS-485

Endereço do instrumento na rede para comunicação com o software SITRAD®.  
Obs: em uma mesma rede não podem haver mais de um instrumento com o mesmo endereço.

**IMPORTANTE:** (\*) O valor ajustado na função **800n** deve ser, obrigatoriamente, maior que o ajustado na função **800F**. Assim sendo, o **MICROSOL II plus** não permite que sejam feitos ajustes inválidos afim de garantir o seu perfeito funcionamento.

**4.2.3 - Modo de operação da agenda de eventos**

Nesta opção pode-se escolher a maneira com que a agenda de eventos irá operar.

**1b1** Programação semanal - Neste modo o instrumento pode configurar até 4 eventos diferentes em cada dia da semana.

**2t6** Programação para dias úteis - Neste modo o instrumento mantém os eventos iguais nos dias úteis (Segunda a Sexta) e permite programar eventos diferentes para o Sábado e o Domingo.

**1t1** Programação diária - Neste modo o instrumento mantém os eventos iguais para todos os dias da semana.

**4.2.4 - Programação da agenda de eventos**

Nesta opção pode-se entrar com os horários de cada evento. A entrada dos dados depende do modo de operação configurado. Pode-se configurar até 4 eventos para cada dia. Para cada evento configura-se o horário inicial e o horário final através das opções **0n1** **0F1** até **0n4** **0F4**, onde:

**0n1** Horário de início do 1° evento

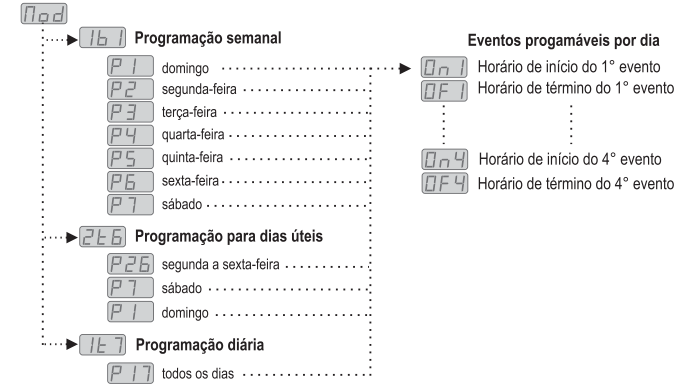
**0F1** Horário de término do 1° evento

...

**0n4** Horário de início do 4° evento

**0F4** Horário de término do 4° evento

Caso não seja necessário utilizar-se dos 4 eventos pode-se configurar os mesmos no estado desabilitado, para isto basta incrementar o horário de desligamento (**0F1**) por exemplo) até que apareça a indicação **0FF**. Também é possível configurar um evento que comece em um dia e termine no outro, para isto deve-se incrementar o horário de desligamento até aparecer a opção **0F0** e ajustar no dia seguinte um evento com horário de início às 00h e 00min. De acordo com o modo de operação configurado podem ser apresentadas as seguintes possibilidades de programação.



**4.2.5 - Ajuste do horário atual e dia da semana**

Pressione a tecla **▲** até aparecer a mensagem **0L0** no visor.

Dê um toque na tecla **SET**. Aparecerão os ajustes na seguinte ordem:  
**HORAS ➔ MINUTOS ➔ DIADA SEMANA**

Ex.: 12h43min - Sexta-feira  
**12h** Horas  
**43'** Minutos  
**5** Dia da semana

**5. FUNÇÕES COM ACESSO FACILITADO**

**5.1 - Visualizar outras temperaturas**

Para alternar entre a visualização da temperatura do sensor 1, sensor 2, sensor 3 ou a diferença de temperatura entre o sensor 1 e 2 (temperatura diferencial), pressione **▼** até que seja exibida no display a temperatura desejada:

**0-1** temperatura no sensor 1  
**0-2** temperatura no sensor 2  
**0-3** temperatura no sensor 3  
**dif** temperatura diferencial (S1-S2)

A temperatura selecionada será exibida no display durante 15 segundos e após transcorrido o tempo a indicação preferencial volta a ser exibida (conforme ajustado no parâmetro **0nd**).

**5.2 - Visualizar horário atual**

Pressionando rapidamente a tecla **SET** pode-se visualizar o horário ajustado no controlador, será exibida a hora atual, seguida pelos minutos e então o dia da semana.

Ex.: 12h43min - Sexta-feira  
**12h** Horas  
**43'** Minutos  
**5** Dia da semana

**5.3 - Visualizar temperaturas mínimas e máximas**

Pressionando a tecla **▲** pode-se visualizar as temperaturas mínimas e máximas de cada sensor, bem como o diferencial mínimo e máximo de temperatura. Ao pressionar a tecla **▲** (toque curto), será exibida a mensagem **0-1** indicando a temperatura do sensor 1 e logo em seguida suas temperaturas mínima e máxima, logo após são exibidas as temperaturas do sensor 2 (**0-2**), do sensor 3 (**0-3**) e do diferencial (**dif**).  
Caso a tecla **▲** seja pressionada durante a visualização os valores serão reinicializados e a mensagem **0SE** será exibida no display.

**5.4 - Ajuste das temperaturas de operação dos apoios (SETPOINTS)**

Pressionando a tecla **SET** por 2 segundos pode-se ajustar a temperatura de operação do Apoio 1 e do Apoio 2 bem como a temperatura de superaquecimento do sensor 2 (reservatório/piscina). Será exibida a mensagem **SP1**, ajuste a temperatura de operação do apoio 1 usando as teclas **▼** e **▲**, pressione para confirmar. A seguir será exibida a mensagem **SP2**, ajuste a temperatura de operação do apoio 2 conforme descrito acima. Após pressionar a tecla **SET** será exibida a mensagem **HE2** para ajuste da temperatura de superaquecimento do sensor 2.

**5.5 - Acionamento manual do apoio 1**

Pressionando a tecla **▲** por 10 segundos ativa-se manualmente a saída do apoio 1. Esta será desativada após transcorrido o tempo ajustado na função **81t**. Pressionando novamente a tecla **▲** por 10 segundos desativa-se o acionamento manual e o apoio 1 volta a funcionar de maneira automática.  
Para desabilitar o acionamento manual basta configurar a função **81t** com valor "000".

**5.6 - Acionamento manual da bomba de circulação de água**

Pressionando a tecla **▼** por 10 segundos pode-se escolher o modo de funcionamento da bomba de circulação de água. Após pressionada a tecla será exibida a mensagem **PnP** e então o usuário poderá escolher entre as opções listadas abaixo utilizando as teclas **▼** e **▲**:

- 0FF** Bomba de circulação sempre desligada
- 0n** Bomba de circulação sempre ligada
- 80n** Bomba de circulação operando em modo automático não atrelado ao sensor 3. Neste modo o acionamento da bomba se dará somente pelo diferencial de temperatura (S1-S2).
- 80R** Bomba de circulação operando em modo automático atrelado ao sensor 3. Neste modo o acionamento da bomba se dará pelo diferencial de temperatura e quando a temperatura do sensor 1 for maior que a do sensor 3.

Confirme a seleção pressionando a tecla **SET**. Será exibida a mensagem **--** indicando o fim da função.

**5.7 - Desabilitação do sensor de temperatura 3 (apoios)**

Para desabilitar o sensor de temperatura dos apoios (sensor 3) basta acessar a função **0F3** no menu de funções avançadas. Ao acessar a função pressione a tecla **▲** repetidamente até aparecer a mensagem **80P** no display, pressione a tecla **SET** para confirmar.  
Ao desabilitar o sensor 3, os apoios 1 e 2 passarão a ser contratados pelo sensor 2 (reservatório/piscina).  
Caso o acionamento da bomba d'água esteja atrelado ao sensor 3, e este tenha sido desativado, o controlador automaticamente irá desativar o atrelamento.

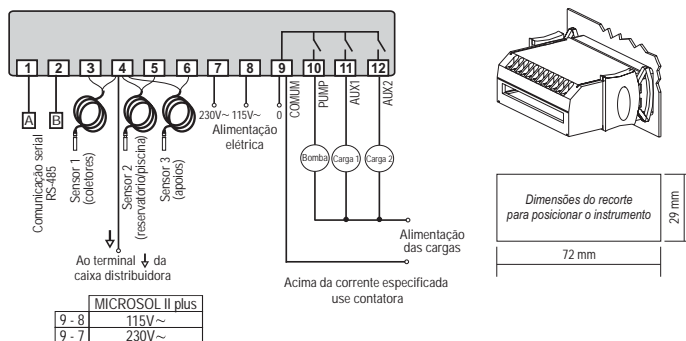
## 6. SINALIZAÇÕES

- Sensor 1 (coletores) desconectado ou fora da faixa
- Sensor 2 (reservatório/piscina) desconectado ou fora da faixa
- Sensor 3 (apoios) desconectado ou fora da faixa
- Temperatura do sensor 1 em situação de congelamento
- Temperatura do sensor 1 em situação de superaquecimento
- Temperatura do sensor 2 em situação de superaquecimento
- Parâmetros de configuração desprogramados ou fora da faixa
- Bomba de circulação em modo manual ligado
- Bomba de circulação em modo manual desligado

## 7. SELEÇÃO DE UNIDADE (°C / °F)

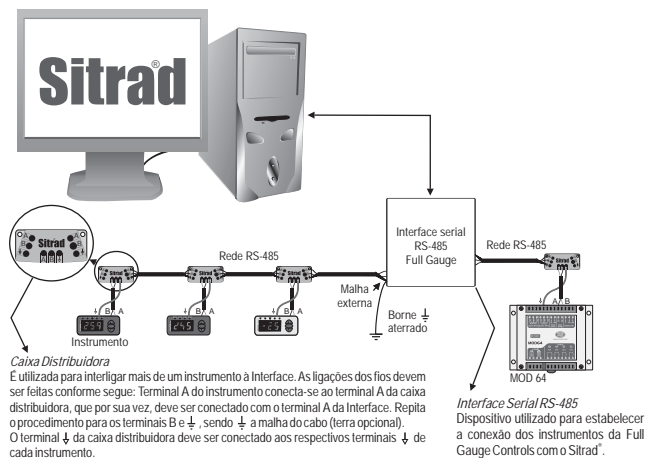
Para definir a unidade em que o instrumento irá operar, entre no menu de funções com o código de acesso "231" e confirme com a tecla . Aparecerá a indicação , pressione ou para escolher entre ou e confirme com a tecla . Após selecionar a unidade aparecerá e o instrumento voltará para a função . Toda vez que a unidade for alterada os parâmetros devem ser reconfigurados, pois eles assumem os valores "padrão".

## 8. CONEXÕES ELÉTRICAS



Nota: O comprimento do cabo do sensor pode ser aumentado pelo próprio usuário, em até 200 metros, utilizando cabo 2 x 24 AWG.

Interligando Controladores, Interface Serial RS-485 e Computador



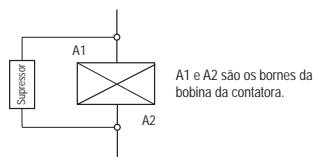
## IMPORTANTE

Conforme capítulos da norma NBR 5410:

- 1: Instale protetores contra sobretensões na alimentação.
- 2: Cabos de sensores e de sinais de computador podem estar juntos, porém não no mesmo eletroduto por onde passam alimentação elétrica e acionamento de cargas.
- 3: Instale supressores de transientes (filtros RC) em paralelo às cargas, como forma de aumentar a vida útil dos relés.

Mais informações contate o nosso departamento de Eng. de aplicação através do e-mail [eng-aplicacao@fullgauge.com.br](mailto:eng-aplicacao@fullgauge.com.br) ou pelo telefone/fax +55 51 3475.3308.

Esquema de ligação de supressores em contadoras



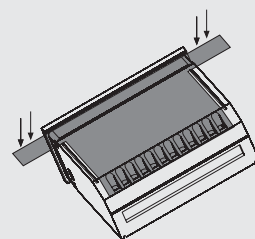
Esquema de ligação de supressores em cargas acionamento direto



## VINIL PROTETOR:

Protege os instrumentos instalados em locais sujeitos a respingos d'água, como em balcões frigoríficos, por exemplo. Este vinil adesivo acompanha o instrumento, dentro da sua embalagem. Faça a aplicação somente após concluir as conexões elétricas.

Retire o papel protetor e aplique o vinil sobre toda a parte superior do aparelho, dobrando as abas conforme indicado pelas setas.



© Copyright 2006 • Full Gauge Controls® • Todos os direitos reservados.



## INTERFACE SERIAL CONV32 USB / RS-485

Ver.01



CONV32/01-02T-11032

### 1. DESCRIÇÃO

A **INTERFACE CONV32** da Full Gauge permite que os controladores Full Gauge com comunicação serial sejam conectados a um PC que possua uma porta de comunicação USB\*.

A interface se encarrega então de transformar o padrão elétrico utilizado pelo PC para o padrão elétrico RS-485 utilizado pelos controladores.

A Full Gauge utiliza a rede RS-485 para proporcionar maior robustez e confiabilidade à comunicação entre seus controladores e o Software Sitrاد. A comunicação é estabelecida a dois fios (A e B), podendo-se então efetuar uma comunicação Half-Duplex em que o PC é o mestre e os controladores são escravos.

OBS: Porta USB compatível somente com o padrão USB 2.0 e Windows NT, 2000, 2003 e XP.

### 2. ESPECIFICAÇÕES TÉCNICAS

- Alimentação: Através da porta USB\*
- Temperatura de operação: 0 a 50°C
- Três Leds de indicação: um para sinalizar que a interface está ligada (⏻) e outros dois que indicam transmissão (TX) e recepção (RX) serial em andamento.
- Um conector USB-B fêmea para ligação com o PC, utilizando cabo específico fornecido juntamente com a Interface.
- Uma porta RS-485 isolada para conexão de até 32 controladores, sem a necessidade de terminação.

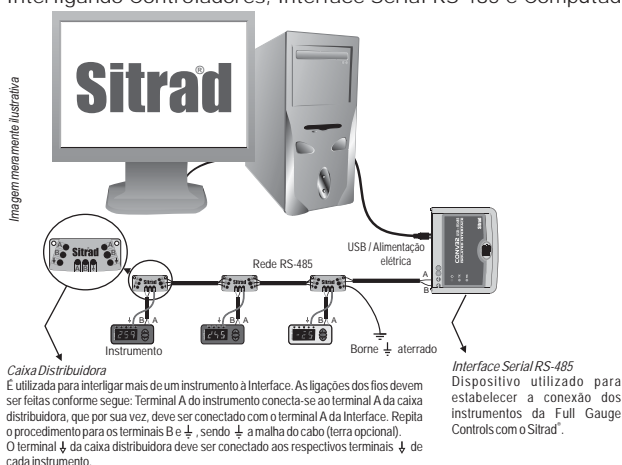
### 3. ESQUEMA DE LIGAÇÃO PARA A INTERFACE CONV32

- Conecte os bornes A e B da interface com os respectivos bornes A e B das caixas distribuidoras e instrumentos.
- Conecte o cabo USB\* ao computador;

OBS:

- A extensão da rede RS-485 deve ser de no máximo 1000m.
- Sempre utilizar cabos USB blindados e com comprimento máximo de 1.8 metros.

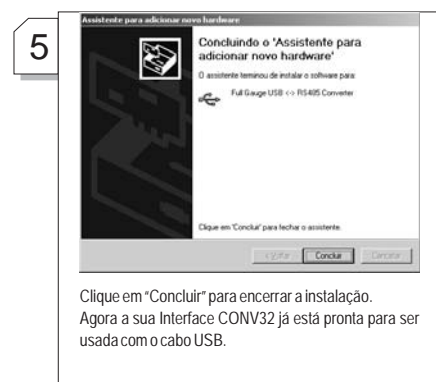
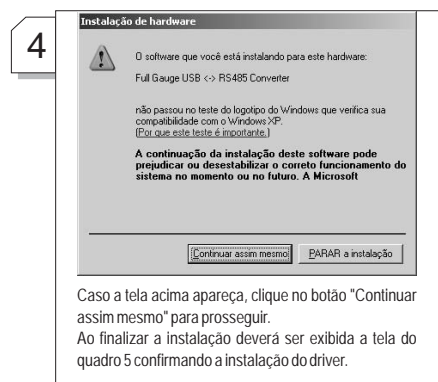
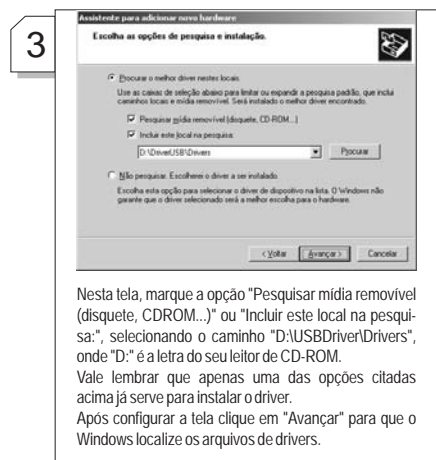
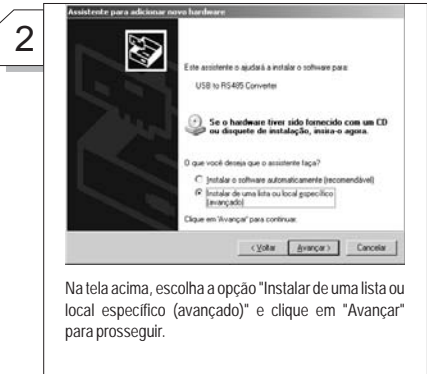
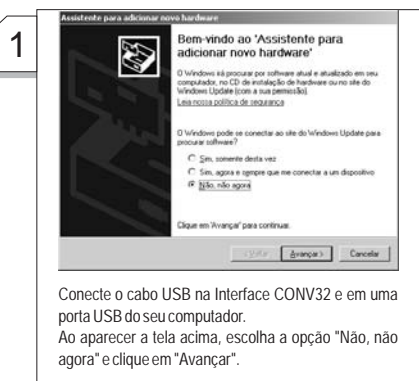
Interligando Controladores, Interface Serial RS-485 e Computador



### 4. INSTALANDO O DRIVER USB

Para utilizar a comunicação USB da interface CONV32 é preciso instalar um driver no Windows para que o Sitrاد consiga usar a comunicação USB.

A comunicação USB só funciona em Windows com tecnologia NT (Windows NT, 2000, 2003 e XP). Para fazer a instalação do driver coloque o CD de instalação do Sitrاد fornecido junto com a interface no leitor de CD-ROM e siga o passo-a-passo descrito ao lado (exemplo no Windows XP).



Para maiores informações sobre como configurar o Sitrاد para acessar a porta USB, leia o manual do driver USB que está no CD de instalação enviado junto com a CONV32, no caminho "D:\USBDriver\AjudaUSB\_PTB.exe", onde "D:" é a letra do seu leitor de CD-ROM.